



UNIVERSIDADE  
**NOVA**  
DE LISBOA



Raquel Trindade

Fiabilidade teste-reteste,  
erro padrão de medida e  
diferença mínima  
detetável da plataforma  
BITalino R-IoT na avaliação  
das amplitudes de  
movimento ativas da coluna  
cervical em indivíduos  
assintomáticos

**Dissertação de Mestrado em  
Fisioterapia  
Relatório de Projeto de  
Investigação**

Orientador (a): Professora Doutora  
Rita Fernandes

7 de dezembro de 2020

Relatório do Projeto de Investigação apresentado para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Fisioterapia, área de especialização em Fisioterapia em Condições Músculo-esqueléticas realizada sob a orientação científica da Professora Rita Fernandes e co-orientação do Professor Luís Gomes.

O candidato,

Raquel Teindade

Setúbal, 7 de dezembro de 2020

Declaro que este Relatório de Projeto de Investigação se encontra em condições de ser apresentada a provas públicas.

O(A) orientador(a),

\_\_\_\_\_

Setúbal, 7 de dezembro de 2020



## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradecer à *professora Rita Fernandes* e ao *professor Luís Gomes* pelo desafio e por toda a transmissão de conhecimentos.

Ao *professor Hugo Silva* por toda a disponibilidade e ajuda prestada ao longo da realização deste projeto.

Aos meus *pais* e ao meu *irmão*, porque sem o apoio deles nada disto teria sequer começado.

Ao *João*, por toda a paciência, energia e positivismo que me foi transmitida todos os dias.

À *Carolina*, por todas as horas passadas no laboratório com boa disposição, pelo espírito de interajuda e pela fantástica hospitalidade.

Às minhas “*pequenas Inezinhas*” por todo o apoio, energia e amizade.

Aos meus *amigos* por todos os momentos de descontração e apoio.

À *Filipa* por toda a hospitalidade que me deu durante todos este percurso.

Ao *Luís B.* pelo socorro informático.

A todos os *participantes* deste estudo, um agradecimento muito especial pela disponibilidade e pela paciência, sem os quais não teria sido possível a concretização deste projeto.

## RESUMO

### **Fiabilidade teste-reteste, erro padrão de medida e diferença mínima detetável da plataforma BITalino R-IoT na avaliação das amplitudes de movimento ativas da coluna cervical em indivíduos assintomáticos**

Raquel Trindade; Luís Gomes; Rita Fernandes

**Introdução:** A avaliação das amplitudes de movimento (ADM) da cervical é uma prática adotada pelos fisioterapeutas em utentes com dor cervical para determinar limitações no movimento, identificar a ADM em que o utente reporta os sintomas, auxiliar na tomada de decisão e diagnóstico, monitorizar e fornecer feedback acerca da efetividade das intervenções. Têm vindo a ser desenvolvidos instrumentos capazes de avaliar as diferentes variáveis cinemáticas. Apesar disso, é necessário o desenvolvimento de instrumentos que apresentem boas propriedades psicométricas, baixos-custos, com diversos sensores e de fácil utilização na resposta às necessidades identificadas na prática clínica. Foi então criada a plataforma BITalino R-IoT, que é constituída por um equipamento portátil e de fácil utilização. **Objetivo:** Avaliar a Fiabilidade teste-reteste, erro padrão de medida (EPM) e diferença mínima detetável (DMD) da plataforma BITalino R-IoT na avaliação das ADM ativas da coluna cervical em indivíduos assintomáticos. **Metodologia:** Foi utilizada uma amostra de 17 sujeitos, que participaram em dois momentos de avaliação separados por  $4.3 \pm 1.3$  dias. Esta avaliação consistiu na recolha e análise dos ângulos absolutos e ADM para os movimentos da cervical. Para aferir acerca da fiabilidade e a concordância, foram calculados os coeficientes de correlação intraclasse (CCI), e respetivos 95% IC, assim como os valores de EPM, respetivos 95% dos limites de concordância (LDC), a %EPM e os valores absolutos e de percentagem da DMD. **Resultados:** Foram obtidos moderados a excelentes valores de fiabilidade teste-reteste ( $>0.67$ ), exceto no plano frontal que em alguns movimentos apresenta valores inferiores. Os valores de EPM foram inferiores a  $5^\circ$  em todos os planos, enquanto a DMD varia entre  $5,34$  e  $14,46^\circ$ . No que toca à %EPM e %DMD foi encontrada uma grande variação de valores (entre 2.26% e 384.70% e 5.67% e 1066.32%, respetivamente). **Discussão e conclusão:** Este estudo demonstrou moderada a excelente fiabilidade para a medição dos ângulos absolutos e ADM principalmente no plano sagital e transversal, e valores

de EPM e DMD clinicamente aceitáveis. Foram também encontrados valores de EPM% e DMD% elevados principalmente em movimentos de menor amplitude. Os resultados obtidos suportam a utilização desta medida para a medição dos movimentos da cervical em pelo menos contextos de investigação.

**Palavras-Chave:** Cervical; Fiabilidade; Erro padrão de medida; Diferença mínima detetável; Amplitude de movimento; BITalino R-IoT.

## ABSTRACT

### **BITalino R-IoT's test-retest reliability, standard error of measurement and minimal detectable change in active cervical range of motion assessment in asymptomatic subjects**

Raquel Trindade; Luís Gomes; Rita Fernandes

**Introduction:** The assessment of cervical range of motion (ROM) is a practice adopted by physiotherapists in patients with cervical pain to assess movement limitations, identify the ROM in which patient report symptoms, assist in decision making and diagnosis, and measure the effectiveness of treatment. Instruments to evaluate different kinematic variables have been developed. Nevertheless, it's still necessary to develop instruments with good psychometric properties, low costs, multiple sensors and easy to report to clinical practice. Therefore, the BITalino R-IoT platform was created, being a portable and easy to use equipment. **Aim:** Assess BITalino R-IoT platform test-retest reliability, standard error measurement (SEM) and minimal detectable change (MDC) in cervical active ROM of asymptomatic individuals. **Methods:** A sample of 17 subjects was evaluated in two moments separated by  $4.3 \pm 1.3$  days. This evaluation consisted in the collection and analysis of absolute angles and ROM for cervical movements. To assess reliability and agreement, the intraclass correlation coefficients (ICC) and respective 95% CI were calculated, as well as the SEM values with 95% limits of agreement (LoA), the %SEM, the absolute value of DMD and %DMD. **Results:** Moderate to excellent test-retest reliability was found ( $> 0.67$ ), except for the frontal plane which has lower values for some movements. The SEM were below  $5^\circ$  in all planes, while the DMD was between  $5.34^\circ$  and  $14.46^\circ$ . For %EPM and %DMD, a wide range of values was found (between 2.26% - 384.70% and 5.67% - 1066.32%, respectively). **Discussion and Conclusion:** Was demonstrated moderate to excellent reliability for measuring absolute angles and ROM, mainly in the sagittal and transverse plane, and clinically acceptable values of EPM and DMD. High %EPM and %DMD values were also found, especially in movements with smaller ROM. The obtained results support the use of this measurement for measure cervical movements in research context.

**Keywords:** Cervical; Reliability; Standard error of measurement; Minimal detectable change; Range of motion; BITalino R-IoT.

## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. METODOLOGIA.....	20
2.1. Tipo de estudo.....	20
2.2. Cálculo do tamanho da amostra.....	20
2.3. Amostra.....	20
2.4. Procedimentos .....	21
2.5. Instrumentos.....	23
2.6. Processamento dos dados.....	26
2.7. Análise dos dados.....	27
3. RESULTADOS .....	29
3.1. Caracterização da Amostra.....	29
3.2. Fiabilidade e concordância dos parâmetros cinemáticos.....	30
4. DISCUSSÃO.....	37
5. CONTRIBUTO E LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	42
6. CONCLUSÃO .....	43
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44
8. APÊNDICE 1 – Carta Explicativa do Estudo.....	52
9. APÊNDICE 2 – Consentimento Informado .....	58
10. APÊNDICE 3 – Questionário de Caracterização Sociodemográfica.....	60
11. ANEXO 1 – Parecer da Comissão Especializada de Ética em Investigação .....	61
12. ANEXO2 – Escala Numérica da Dor .....	64
13. ANEXO 3 – Neck Disability Index.....	65



## **LISTA DE FIGURAS E TABELAS**

**Figura 1** - Posicionamento inicial dos participantes

**Figura 2** - Localização do sistema BITtalino durante o processo de recolha de dados

**Figura 3**- Plataforma BITalino R-IoT

**Figura 4** - Diagramas de Bland-Altman representados através dos 95% LDC das ADM de Extensão, Flexão, FLE, RE, FLD e RD

**Tabela 1** - Características Sociodemográficas dos Participantes

**Tabela 2**- Valores de fiabilidade e de concordância das médias de todos os parâmetros cinemáticos

**Tabela 3** - Valores de fiabilidade e de concordância dos valores médios das amplitudes de movimento em cada eixo

**Tabela 4**- Valores de fiabilidade e de concordância das médias dos ângulos máximos, mínimos e das amplitudes de movimento no respetivo eixo

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ADM	–	Amplitude De Movimento
CCI	–	Coeficiente de Correlação Intraclasse
CROM	–	Cervical Range Of Motion
DCC	–	Dor Cervical Crónica
DMCI	–	Diferença Mínima Clinicamente Importante
DMD	–	Diferença mínima detetável
DP	–	Desvio Padrão
DPdif	–	Desvio padrão da diferença das médias
E	–	Extensão
END	–	Escala Numérica da Dor
EPM	–	Erro Padrão de Medida
ESS-IPS	–	Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Setúbal
F	–	Flexão
FLE	–	Flexão lateral esquerda
FLD	–	Flexão lateral direita
IC	–	Intervalo de Confiança
LDC	–	Limites de concordância
NDI	–	Neck Disability Index
RD	–	Rotação direita
RE	–	Rotação esquerda
T0	–	Primeiro momento de avaliação
T1	–	Segundo momento de avaliação

## 1. INTRODUÇÃO

O movimento humano tem sido amplamente estudado por diferentes disciplinas/profissões. A fim de aprofundar o conhecimento nesta área, têm sido utilizadas diferentes componentes de análise, sendo uma delas a análise cinemática. Esta consiste no estudo dos corpos em movimento, independentemente das forças responsáveis por esse movimento. Descreve e quantifica as posições lineares e angulares dos corpos, compreendendo três variáveis diferentes, sendo elas o deslocamento (que fornece informação acerca das amplitudes de movimento (ADM), a velocidade e a aceleração (Gordon Robertson, Graham Caldwell, Joseph Hamill, Gary Kamen, 2014). Dentro destas diferentes variáveis, uma das que mais tem vindo a ser estudada ao longo do tempo no âmbito das variáveis com interesse clínico, é a ADM.

A avaliação das ADM da coluna cervical consiste numa prática de rotina adotada pelos fisioterapeutas, maioritariamente, em utentes com dor cervical para determinar limitações no movimento, identificar a amplitude de movimento em que o utente reporta os sintomas, auxiliar na tomada de decisão e diagnóstico (Law & Chiu, 2013), estabelecer um plano de tratamento, monitorizar o progresso do utente e fornecer feedback acerca da efetividade das intervenções (Tousignant et al., 2002). Esta avaliação resulta na determinação dos ângulos máximos e mínimos que um indivíduo consegue realizar nos três planos de movimento, o frontal (flexão lateral esquerda – FLE e flexão lateral direita - FLD), o sagital (flexão - F e extensão - E) e o transversal (rotação esquerda - RE e rotação direita - RD) (Hachadorian, Lugo, Lian, Khoa, & Van Toi, 2010). As ADM da cervical podem ser afetadas por diversos motivos, tais como dor, disfunção, fatores biomecânicos, idade, episódios traumáticos (como *whiplash*) e patologias reumáticas, entre outras (Antonaci et al., 2002).

Um estudo que avaliou a prevalência, incidência e anos vividos com incapacidade considerando uma vasta lista de doenças e lesões desde 1990 num conjunto vasto de países, considerou a dor cervical como a quinta causa de incapacidade, tanto em países desenvolvidos como nos países em desenvolvimento (Vos et al., 2017). Estando a tornar-se nestas últimas décadas uma das disfunções músculo-esqueléticas com maior impacto a nível do indivíduo,

família, comunidade, sistemas de saúde e empresariais (Childs et al., 2008; Hoy, Protani, De, & Buchbinder, 2010) Estima-se que a incidência de dor cervical num ano varie entre os 10.4% e os 21.3%, com uma taxa anual de prevalência superior a 30%. As disfunções cervicais podem conduzir a diversos problemas, como dor, diminuição da ADM, redução da participação a nível social e baixas médicas (Lee, Nicholson, & Adams, 2004). Normalmente, a dor é o principal fator limitativo das ADM expectáveis para esta região (Antonaci et al., 2002; Audette, Dumas, Côté, & De Serres, 2010) e um dos principais motivos pelos quais os utentes recorrem à fisioterapia (Audette et al., 2010). A diminuição das ADM em utentes com dor cervical é uma das limitações que se encontra com maior frequência (Bahat, Igbariya, Quek, & Treleaven, 2016). Numa revisão sistemática com meta-análise de Stenneberg et al., 2017, que incluiu 27 estudos, com um total de 2366 participantes e que compara as diferenças médias (DM) ao nível da mobilidade ativa entre indivíduos com dor cervical e assintomáticos, chegou-se à conclusão que os indivíduos com dor cervical apresentam uma ADM ativa menor nos ciclos completos de F/E (DM=- 28.51°, 95% IC, -40.92° a -16.11°) (informação retirada de 5 estudos), de RE e RD (DM=-24.49°; 95% IC, -39.81° a - 19.16°) (informação retirada de 6 estudos) e de FLD e FLE (DM= -16.72°; 95% IC, -23.99° a -9.45°) (informação retirada de 4 estudos).

### **Instrumentos de medida e propriedades psicométricas**

Ao longo dos anos, têm vindo a ser desenvolvidos diferentes instrumentos capazes de avaliar as diferentes variáveis cinemáticas. Por um lado, existem uns mais simples, preferencialmente utilizados na prática clínica, como os goniómetros e os inclinómetros, que apenas medem ângulos articulares. Por outro lado, existem outros mais sofisticados e com tecnologia mais avançada, normalmente mais utilizados para fins de investigação, como os sistemas optoelectrónicos e os sistemas magnéticos e inerciais, tendo estes a capacidade para avaliar não só os ângulos articulares, possibilitando o respetivo cálculo das ADM, como também a velocidade e a aceleração angular.

De uma forma genérica, os estudos que incluem a avaliação das ADM da cervical, revelam a utilização de instrumentos e protocolos variáveis entre si,

tornando a comparação de resultados entre estudos bastante limitada. A investigação da qualidade das medidas, ou seja, das propriedades psicométricas que apresentam para um dado objetivo específico de avaliação, pode ajudar a homogeneizar esta medição.

Na generalidade, todos os instrumentos de medida devem obedecer a determinados padrões e critérios para que possam ser utilizados quer na prática clínica quer na investigação. De acordo com a taxonomia da “*Consensus-based Standards for the Selection of Health Measurement Instruments*” (COSMIN), que consiste numa equipa internacional multidisciplinar que trabalha para melhorar a seleção de instrumentos de medida utilizados na investigação e na prática clínica, existem propriedades psicométricas particularmente importantes, como a validade e reprodutibilidade (Terwee et al., 2018).

No que toca à validade, esta propriedade consiste em verificar se o instrumento mede o que se pretende medir (Schellingerhout et al., 2012). Ou seja, descreve o quão legítimos e confiáveis são os resultados de um teste desenvolvido para determinado propósito. A validade é uma propriedade das pontuações e consequente interpretação do resultado obtido por um dado instrumento (Cook & Beckman, 2006). A reprodutibilidade de um instrumento diz respeito ao grau em que medições repetidas em diferentes momentos no tempo e realizadas em objetos de estudo estáveis apresentam resultados semelhantes (de Vet et al., 2006a). Estas semelhanças podem ser afetadas tanto pelas variações biológicas que acontecem entre dias diferentes, variações inerentes à própria medida ou ao ambiente em que as medições são realizadas, ou variações introduzidas pelos próprios avaliadores (intra e inter avaliadores) (de Vet et al., 2006a). Para determinar a reprodutibilidade de um dado instrumento, é necessário investigar a sua fiabilidade e a concordância (de Vet et al., 2006a).

No que diz respeito à fiabilidade, esta garante que medições obtidas pelo mesmo observador ou por observadores diferentes em ocasiões distintas, se traduzem em resultados semelhantes (Koo & Li, 2016), ou seja, um instrumento fiável é aquele que permite distinguir as características de cada participante, apesar do Erro Padrão de Medida (EPM) associado à medida (de Vet et al., 2006a). Para

o seu cálculo são utilizados diferentes coeficientes ou medidas de correlação, entre os quais o Coeficiente de Correlação Intraclassa (CCI), que é utilizado para mensurar a homogeneidade das medidas, sendo interpretado como a variabilidade total associada à medida (Koo & Li, 2016). O CCI é normalmente calculado através da relação entre o EPM e a variabilidade dos participantes e é apresentado sob a forma de coeficiente. Este índice pode ser influenciado pelas características individuais dos sujeitos, erros da medida e número de repetições efetuadas (de Vet et al., 2006a). Com base no Intervalo de Confiança (IC) de 95% do CCI, valores inferiores a 0.5, entre 0.5 e 0.75, entre 0.75 e 0.9 e acima de 0.90 são indicativos de fiabilidade fraca, moderada, boa e excelente, respetivamente (Koo & Li, 2016).

Em geral, para que possam ser utilizado em contexto clínico, os instrumentos de medida devem apresentar valores de CCI altos (superiores a 0.9), sendo que para a utilização em contexto de investigação são considerados aceitáveis valores de CCI que variem entre 0.7 e 0.8 (Koo & Li, 2016). Embora a fiabilidade teste-reteste possa ser mensurada com o coeficiente de correlação de *Pearson*, é preferível utilizar o CCI tendo por base a análise da variância de medidas repetidas e considerando o valor de concordância absoluta, pois esta é sensível a qualquer viés entre avaliadores ou momentos de avaliação (Keszei, Novak, & Streiner, 2010). Assim sendo, um instrumento com um reduzido EPM, comparativamente à variabilidade dos participantes, apresenta um valor de CCI próximo de 1, sugerindo que a distinção entre os diferentes participantes dificilmente é afetada pelo EPM (de Vet et al., 2006a). Se o EPM é elevado comparativamente à variabilidade entre os participantes, o valor de CCI será reduzido, o que sugere que a distinção entre os participantes será afetada pelo EPM (de Vet et al., 2006a).

A concordância, por sua vez, avalia quão próximos são os resultados de medições repetidas, pela estimativa do erro de medição em medições repetidas. É frequentemente representada pelo já referido EPM (de Vet et al., 2006a). O EPM é uma medida de concordância, que estima o “verdadeiro” valor que pode ser atribuído aos indivíduos submetidos a avaliações repetidas com recurso ao mesmo instrumento de medida, utilizado por diferentes avaliadores (Anvari, Halpern, & Samir, 2018, Altman & Bland, 2005). Assim, quanto menor o EPM, mais capaz será a medida de distinguir alterações entre medições repetidas e assim maior será a

sua concordância (de Vet et al., 2006a). Quanto maior o EPM, menor será a capacidade de o instrumento distinguir pequenas alterações entre medições repetidas e assim menor será a sua concordância (de Vet et al., 2006a). A Diferença Mínima Detetável (DMD) é a alteração mínima necessária para ter 95% de certeza de que a diferença entre o valor de uma dada medição inicial e a seguinte, realizada num dado indivíduo, se deve a uma mudança real (Altman & Bland, 2005; de Vet et al., 2006b; Laird, Gilbert, Kent, & Keating, 2014). É importante distinguir os valores de EPM da DMD, uma vez que esta é definida como a quantidade mínima de diferença que não é atribuível à variação na medida (de Vet et al., 2006b).

Assim, o conhecimento das referidas propriedades psicométricas é fundamental quando se utiliza um dado instrumento de medida para avaliar as características cinemáticas do movimento em indivíduos com dor cervical, de modo a que o profissional de saúde possa garantir a confiança nos resultados obtidos na prática clínica. Especificamente no que toca à avaliação das ADM da coluna cervical, existem vários tipos de instrumentos de medida. Podem ser simples como goniómetros (Bible, Biswas, Miller, Whang, & Grauer, 2010; Youdas, Carey, & Garrett, 1991) ou inclinómetros (Dvir & Prushansky, 2000; Rix & Bagust, 2001; Williams, McCarthy, Chorti, Cooke, & Gates, 2010; Youdas et al., 1991, 1992) que são de fácil utilização e baixo custo, contudo, influenciados e diretamente dependentes da interpretação do avaliador (Laird et al., 2014), ou mais complexos como o *Cervical Range of Motion* (CROM), que é específico para a avaliação das ADM da coluna cervical, sendo caracterizado como um instrumento portátil, fácil de utilizar na prática clínica e com boa validade e fiabilidade (Audette et al., 2010; Tousignant, De Bellefeuille, O'Donoghue, & Grahovac, 2000; Tousignant et al., 2002; Youdas et al., 1992). Uma revisão sistemática demonstrou que a fiabilidade do CROM varia entre moderada a excelente para os vários movimentos da cervical a fiabilidade (CCI=0.58-0.99), contudo devido à heterogeneidade estatística e protocolar dos vários artigos incluídos, não foi possível tirar conclusões acerca da comparação deste instrumento com os restantes (Williams et al., 2010). Já um estudo realizado por Fletcher & Bandy, (2008), refere que o CROM apresenta excelente fiabilidade com valores de CCI superiores a 0.87 para todos os movimentos da cervical para indivíduos assintomáticos e com dor cervical, tendo

os valores de EPM e de DMD sido inferiores a 4.1° e 9.1°, respetivamente, para ambos os grupos. Outro instrumento utilizado na medição ativa da ADM da coluna cervical é o goniómetro eletrónico. Este apresenta valores de fiabilidade elevados para indivíduos com dor cervical (ICC entre 0.81 e 0.89) e assintomáticos (CCI entre 0.86 e 0.92), assim como valores de EPM a variar entre 3.5° e 6.1° em assintomáticos e 4.2° e 8° em indivíduos com dor cervical. Contudo, tanto este instrumento como o CROM são ainda dispendiosos e limitam a sua avaliação às ADM (Law & Chiu, 2013).

Com o avanço da tecnologia têm vindo a ser desenvolvidos novos instrumentos de medição cada vez mais completos e sofisticados, que nos permitem medir diferentes características do movimento, e que podem contribuir para uma melhor compreensão da condição clínica do indivíduo (Mieritz, Bronfort, Kawchuk, Breen, & Hartvigsen, 2012). Estes instrumentos avaliam tridimensionalmente o movimento, oferecendo várias vantagens, como não serem dependentes do utilizador e da sua interpretação, permitir isolar o movimento no segmento em análise dos restantes segmentos corporais (Inokuchi et al., 2015) e permitir uma análise mais completa do movimento a analisar, incluindo parâmetros cinemáticos como a velocidade de movimento ou a aceleração (Bahat, Weiss, & Laufer, 2010).

Os sistemas optoelectrónicos são considerados o *gold standard* na análise cinemática do movimento humano (Sjölander, Michaelson, Jaric, & Djupsjöbacka, 2008). Como o nome sugere, são construídos por sistemas de câmaras e permitem a análise do movimento a três dimensões. Contudo, este tipo de sistema é de elevado custo, requer um elevado nível de expertise para a sua utilização e necessita de um laboratório especializado para a análise de movimento, implicando a deslocação das pessoas ao mesmo (Bergamini et al., 2014). Para além disso, este tipo de sistemas pode sofrer interferências ambientais, como a luz solar ou outros artefactos que impedem a visualização dos marcadores refletivos (Mayagoitia, Nene, & Veltink, 2002) e são ainda difíceis de utilizar na prática clínica. Apesar de serem considerados o *gold standard* da análise cinemática do movimento humano, há falta de estudos que avaliam as suas propriedades psicométricas no que se refere à coluna cervical, apesar de já existir informação no



que se refere ao membro inferior e tarefas associadas. Por exemplo, em 2016, foi realizado um estudo que teve como objetivo avaliar a fiabilidade teste-reteste e o EPM de variáveis cinemáticas do tronco e membro inferior durante a tarefa da marcha em indivíduos saudáveis com recurso a 12 câmaras, tendo sido obtido um bom nível de fiabilidade, com um ICC acima de 0.7 para a maioria dos parâmetros avaliados e um EPM igual ou inferior a 4º (Fernandes, Armada-da-Silva, Pool-Goudzwaard, Moniz-Pereira, & Veloso, 2016).

O crescimento da tecnologia e a necessidade constante de responder aos cuidados de saúde de uma forma efetiva e económica, conduziu a indústria biomédica a criar dispositivos, que por um lado sejam práticos, portáteis e economicamente acessíveis e, por outro, reproduzíveis nas suas medições e com a capacidade para medir diferentes características de movimento (Antonaci, Ghirmai, Bono, & Nappi, 2000). Assim, surgem os sistemas magnéticos e inerciais que têm vindo a ganhar preferência, por serem pequenos, portáteis e sem fios, o que facilita a monitorização do movimento. Para além disso, são apropriados para aplicações em tempo real, sendo também considerados de baixo-custo (Duc, Salvia, Lubansu, Feipel, & Aminian, 2013) e, ao contrário dos sistemas optoelectrónicos, têm a vantagem de não sofrerem interferências ambientais, como as que foram referidas anteriormente. Estes sistemas também medem a velocidade e aceleração, uma vez que são constituídos por giroscópios, acelerómetros e sensores magnéticos (magnetómetros). Os giroscópios medem a velocidade angular que é integrada ao longo do tempo para definir a orientação dos segmentos. Os acelerómetros calculam a posição do segmento relativamente à posição inicial. Os magnetómetros, tal como as bússolas, fornecem informações acerca do norte magnético. Estes sinais, juntamente com informação da temperatura, são normalmente processados num filtro de *Kalman*, que atualiza continuamente a posição articular, retificando os erros provenientes do campo magnético e do deslocamento do sensor (Cloete & Scheffer, 2008). Estes sistemas podem ser colocados nos segmentos corporais para calcular o movimento desse segmento no espaço. Para além destes dispositivos, os sistemas inerciais já fazem parte da constituição de alguns *smartphones*, visto que estes aparelhos estão

muitas vezes equipados com acelerómetros e magnetómetros (Tousignant-Laflamme, Boutin, Dion, & Vallée, 2013).

Assim, têm aparecido aplicações de telemóvel que, pela sua simplicidade de utilização, podem ter um potencial de aplicação elevado a nível clínico. Foram avaliadas as propriedades psicométricas utilizando a aplicação *Goniometer Pro*® para o *iPhone 7*®, para a qual foram obtidos valores de CCI que variaram entre 0.62 e 0.71 para os vários movimentos da cervical, valores de EPM que variaram entre 1.2° e 4.5° e valores de DMD que variaram entre 3.° e 12.5° para uma avaliação intra-observador. Para a avaliação inter-observador os valores de CCI variaram entre os 0.65 e 0.79, o EPM entre 1.5° e 3.5° e a DMD entre 4.1° e 7.7°. Apesar dos resultados mais positivos obtidos a nível da avaliação inter-observador, concluiu-se que são necessários mais estudos para que se possa utilizar esta aplicação (Pourahmadi et al., 2017). Uma revisão sistemática que comparou os sistemas inerciais com o *gold standard* conclui que os sistemas inerciais são válidos e fiáveis para estudar o movimento humano, mas que o grau de fiabilidade depende da tarefa em estudo. Por exemplo estudos com movimentos mais complexos (como marcha) apresentam valores de fiabilidades mais baixos, enquanto para movimentos mais simples valores de fiabilidade mais elevados, contrariamente aos optoeletrónicos. Contudo, estes sistemas não são influenciados pela presença de metais (como os eletromagnéticos) e não existe risco de desaparecerem os marcadores colocados na pele (como nos optoelectrónicos) (Cuesta-Vargas, Galán-Mercant, & Williams, 2010).

Na sequência da referida necessidade emergente de desenvolvimento de instrumentos por parte da indústria biomédica que sejam de baixo-custo, com diversos sensores e de fácil utilização na resposta às necessidades identificadas na prática clínica, foi criada a plataforma BITalino R-IoT. Esta é constituída por um equipamento portátil e de fácil utilização, que sem quaisquer fios está ligado a um software que faz a leitura dos dados recolhidos (Batista, Silva, & Fred, 2017; PLUX Wireless Biosignals, 2015).

No que se refere ao estudo das propriedades psicométricas desta plataforma, foi realizado um estudo que analisou a validade da plataforma BITalino

R-lot, comparando-a com o *gold standard*, um sistema optoelectrónico (*Optitrack Flex 3*) nas ADM da cervical em indivíduos adultos assintomáticos. A correlação dos valores de ADM dos movimentos avaliados pelos sistemas BITalino R-IoT e *Optitrack Flex 3*, atingiram o nível mínimo definido, uma vez que todos os valores obtidos foram superiores a 0.70. Para as ADM de F/E, FLD e RD esta correlação foi considerada “forte” (0.70 a 90) e para as ADM de FLE e RE a correlação foi considerada “muito forte” ( $r_s > 90$ ). Os resultados apontam assim para uma correlação que variou entre “forte” a “muito forte” para as ADM dos diferentes movimentos da coluna cervical, o que indica que o sistema BITalino R-IoT parece ser válido para a avaliação dos referidos parâmetros, quando comparado com um sistema optoelectrónico. Contudo, este instrumento não demonstrou ser válido para a avaliação dos ângulos absolutos máximos e mínimos (Lobo, 2018).

Para que o instrumento possa continuar o seu processo de desenvolvimento e evolução para futura aplicação na prática clínica, é necessário continuar a avaliar as suas propriedades psicométricas. Deste modo, e tendo em conta a necessidade crescente da aplicabilidade em contexto clínico de equipamentos portáteis, de baixo custo e que não dependam diretamente do avaliador, o objetivo deste estudo é estudar a fiabilidade teste-reteste, EPM e DMD do sistema BITalino R-IoT na avaliação das ADM da coluna cervical numa amostra de indivíduos adultos saudáveis.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Tipo de estudo**

Foi realizado um estudo metodológico prospetivo, do tipo teste-reteste intra-observador.

### **2.2. Cálculo do tamanho da amostra**

O tamanho da amostra foi calculado tendo por base o descrito por Kraemer and Thiemann (1987), para um nível de significância pré-definido de 5% uma potência de 80%. Foi definido um coeficiente de fiabilidade máximo de 0.90 e um mínimo de 0.70, resultando num mínimo de 17 indivíduos (Kraemer & Thiemann, 1987).

### **2.3. Amostra**

Foi recrutada uma amostra de conveniência de 17 indivíduos saudáveis na Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Setúbal (ESS/IPS), a partir da população total de estudantes, docentes e funcionários não docentes. A sua elegibilidade dependeu dos critérios de inclusão e exclusão previamente definidos. Como critérios de inclusão foram estabelecidos ter idade entre 18 e 65 anos (Bahat, Sprecher, Sela, & Treleaven, 2016), não terem experienciado dor cervical em algum momento, com a necessidade de recurso ao médico e/ou outro profissional de saúde (Sarig-Bahat, Weiss, & Laufer, 2009), e saber ler e escrever Português Europeu para poderem responder aos questionários de auto-preenchimento. Em contrapartida foram excluídos os indivíduos que referissem trauma ou intervenção cirúrgica prévia à coluna cervical (Sarig-Bahat et al., 2009), qualquer outra condição clínica que pudesse afetar a mobilidade da cervical, tal como radiculopatia cervical, espondilite anquilosante ou artrite reumatoide (Chan Ci En, Clair, & Edmondston, 2009) e presença de situações de malignidade ou doenças sistémicas (Sarig-Bahat et al., 2009).

A Comissão Especializada de Ética em Investigação da ESS/IPS aprovou a realização deste estudo (anexo 1).

O recrutamento dos participantes teve lugar na ESS/IPS. O estudo foi divulgado na plataforma de *e-learning* do *moodle* e apresentado presencialmente aos estudantes das diferentes turmas por um dos investigadores, onde foi feita uma breve descrição acerca do seu objetivo e dos procedimentos em geral. Posteriormente, foi agendada uma sessão presencial com os indivíduos interessados em participar no estudo, no *Sense&Motion Lab* da ESS/IPS, onde foram alvo de uma explicação mais detalhada do objetivo e procedimentos do estudo. Foi igualmente entregue uma carta explicativa do mesmo (Apêndice 1), sublinhada a garantia de anonimato por parte de cada participante e uso exclusivo dos dados para fins de investigação. Por fim, foi assinado o formulário de consentimento informado (Apêndice 2) por parte do participante e investigador.

#### **2.4. Procedimentos**

Previamente ao início do estudo foi realizado um treino de competências pela investigadora no Sense & Motion Lab da ESS/IPS, ao nível do conhecimento e manuseamento dos instrumentos necessários para esta investigação, nomeadamente a plataforma BITtalino R-IoT.

A recolha de dados decorreu no *Sense&Motion Lab* da ESS/IPS e foi realizada em dois momentos, separados por 3 a 6 dias (média de  $4.3 \pm 1.3$ ), nos quais se repetiu o mesmo procedimento. Relativamente ao procedimento experimental, em primeiro lugar, e previamente ao início de cada recolha, procedeu-se à preparação do laboratório. A fim de garantir as mesmas condições de avaliação para todos os participantes foram adotados procedimentos *standard* em todas as avaliações, que serão descritas de seguida.

A recolha dos dados teve início após a verificação dos critérios de inclusão e exclusão, através da entrega e preenchimento, por parte dos participantes, do questionário de caracterização sociodemográfica (Apêndice 2), assim como da medição da massa (Kg) e altura (m). De forma a garantir que todos os participantes eram assintomáticos foram aplicadas a Escala Numérica da Dor (END) (Anexo 2), cujo score tinha que ser 0/10 (Vernon, 2008) e o *Neck Disability Index* - versão

Portuguesa (NDI-PT) (Anexo 3), no qual os participantes poderiam ter um score máximo de 4 pontos para serem considerados assintomáticos (Cruz et al., 2015).

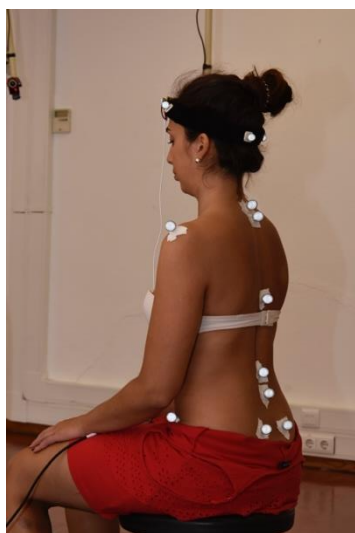
Após o preenchimento dos questionários acima referidos, assinatura do consentimento informado e de o participante se encontrar com todas as suas questões esclarecidas, foi encaminhado para o centro do laboratório, onde se encontrava um banco previamente preparado para os participantes se sentarem (Figura 1). Nesta posição, foi aplicado o sistema R-IoT na região frontal da cabeça, acima da base do nariz, tendo sido fixado através de uma fita adaptada para o efeito. De modo a garantir o mesmo posicionamento do BITalino R-IoT para todos os participantes, foi estipulada a colocação da fita imediatamente acima das sobrancelhas e alinhada com o bordo superior das orelhas (Figura 2).

Depois da colocação do BITalino R-IoT, garantiu-se o posicionamento inicial de forma igual para todos os participantes: sentados num banco mantendo o olhar em frente, com pescoço e cabeça na posição neutra, ombros relaxados, cotovelos junto ao tronco, palmas das mãos nas coxas, posição neutra da coluna lombar e pélvis (posição neutra entre as posições máximas de báscula anterior e posterior da pélvis, ou lordose e retificação da coluna lombar), joelhos e ancas em flexão de 90° em sem qualquer rotação, tornozelos em posição neutra, pés à largura dos ombros, em contacto com o solo, e direccionados anteriormente. Esta posição foi registada pelo BITalino R-IoT antes de iniciar os movimentos através da recolha de um ficheiro estático.

Após toda a preparação, foram registados, pela seguinte ordem, os ângulos absolutos dos movimentos de F, E, FLE, FLD, RE e RD da coluna cervical (Pourahmadi et al., 2017). Os comandos verbais indicados aos participantes foram previamente estabelecidos, tendo sido os mesmos para todos eles. Para o movimento de flexão foi pedido “Vai levar o seu queixo em direção ao peito o máximo possível, apenas movimentando o pescoço e sem qualquer movimento nos ombros ou costas. Quando atingir o seu máximo regresse à posição de partida”, para a extensão “Vai levar a sua cabeça o mais para traz possível, como se estivesse a olhar para o teto, apenas movimentando o pescoço e sem qualquer movimento nos ombros ou costas. Quando atingir o seu máximo regresse à posição de partida”, no movimento de FLD “Vai levar a sua orelha direita em direção ao seu

ombro direito o máximo possível, apenas movimentando o pescoço e sem qualquer movimento nos ombros ou costas. Quando atingir o seu máximo regresse à posição de partida”, FLE “Vai levar a sua orelha esquerda em direção ao seu ombro esquerdo o máximo possível, apenas movimentando o pescoço e sem qualquer movimento nos ombros ou costas. Quando atingir o seu máximo regresse à posição de partida”, para a RE “Vai rodar a cabeça para a esquerda o máximo possível, apenas movimentando o pescoço e sem qualquer movimento nos ombros ou costas. Quando atingir o seu máximo regresse à posição de partida” e na RD foi pedido “Vai rodar a cabeça para a direita o máximo possível, apenas movimentando o pescoço e sem qualquer movimento nos ombros ou costas. Quando atingir o seu máximo regresse à posição de partida”.

O procedimento de recolha terminou após a recolha de 10 repetições de cada movimento, com um curto intervalo de tempo entre cada (3 a 4 segundos) (Sarig-Bahat et al., 2009).



*Figura 1- Posicionamento inicial dos participantes no banco.*



*Figura 2- Localização do sistema BITalino R-IoT durante a recolha de dados.*

## **2.5. Instrumentos**

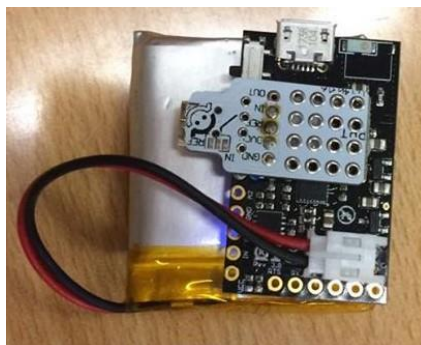
### **Plataforma BITalino R-IoT**

A plataforma BITalino R-IoT consiste num dispositivo portátil constituído por três sensores diferentes, um acelerómetro tri-axial, um giroscópio tri-axial e um

magnetómetro tri-axial, o que lhe confere a capacidade para avaliar as diferentes características cinemáticas, nomeadamente, aceleração linear, aceleração radial e intensidade do campo magnético. A fusão dos seus três sensores utilizando um algoritmo de cálculo da atitude permite medir a orientação 3D, no que diz respeito a um sistema de coordenadas fixo, não dependendo da observação do utilizador (Madgwick, 2010). Esta plataforma tem a capacidade de converter os sinais analógicos dos sensores, em sinais digitais, para que possam ser processados numericamente e usados em aplicações de *software*. Neste projeto de investigação foi utilizada a versão BITalino R-IoT (Rev. 1.0). A conexão do BITalino R-IoT ao computador é feita via *WiFi*, sendo que o dispositivo aplicado no corpo da pessoa está conectado a um ponto de acesso *WiFi*, que cria uma rede própria e serve de ponte para a receção de dados. O sistema recolhe os dados em todos os sensores e envia-os para o computador, com a informação de cada sensor separadamente. Os sensores estão preparados para capturar e enviar dados de movimento de com uma resolução de 16bits usando um ritmo de amostragem de 200Hz. O *software* utilizado no âmbito do presente trabalho para aquisição de dados usando o BITalino R-IoT é o *Open Signals*, sendo que este permite a aquisição e visualização de diferentes sinais e de diferentes sensores em tempo real, logo durante a recolha, bem como guardar todos os ficheiros recolhidos (Batista et al., 2017; Páris, Barbosa, Ferreira, & Gomes, 2017; PLUX Wireless Biosignals, 2015).

O BITalino R-IoT já foi considerado válido para a medição das ADM da cervical em indivíduos assintomáticos quando comparado com o *gold standard* (sistema optoeletrónico), uma vez que todos os valores obtidos mostram uma correlação superior a 0.70. Para as ADM de F/E, FLD e RD esta correlação foi considerada “forte” (0.70 a 0.90) e para as ADM de FLE e RE a correlação foi considerada “muito forte” ( $r_s > 0.90$ ). Contudo, este instrumento não demonstrou ser válido para a avaliação dos ângulos absolutos máximos e mínimos (Lobo, 2018).





*Figura 3- Plataforma BITalino R-IoT*

### **Escala Numérica da Dor**

A Escala Numérica da Dor (END) é uma escala para medição da percepção da intensidade da dor. Esta consiste numa escala de 11 pontos, variando entre valores inteiros de 0 a 10, em que 0 = Ausência de dor e 10 = Pior dor que se pode imaginar. É pedido ao utente que assinale o número que melhor o representa naquela altura (Cleland, Childs, & Whitman, 2008). Quanto às suas propriedades psicométricas apresenta uma fiabilidade teste-reteste de moderada a alta, variando entre 0.67 e 0.96. Relativamente à validade de constructo, quando comparada com a EVA, a END apresenta valores de validade convergente que variam entre 0.79 a 0.95 (Kahl & Cleland, 2005). Num estudo realizado por Cleland e seus colaboradores (2008) com utentes com dor cervical crónica (DCC), os resultados relativos à diferença mínima clinicamente importante foram de 1.3 pontos e de 2 pontos para a diferença mínima detetável.

### **Neck Disability Index**

O Neck Disability Index (NDI) é um questionário de auto-administração que avalia a incapacidade funcional reportada por indivíduos com dor cervical. Esta é constituída por 10 itens/secções: intensidade da dor, cuidados pessoais (lavar/vestir), levantar coisas, leitura, dores de cabeça, concentração, trabalho/atividades diárias, guiar um carro, dormir e atividades de lazer (Vernon, 2008). Cada um dos itens/secções é composto por uma escala de *Likert*, variando entre 0 e 5, sendo 0 nenhuma incapacidade e 5 incapacidade extrema, o indivíduo

seleciona a opção que melhor se adequa/descreve a sua situação. A pontuação total varia entre 0 e 50, em que entre: 0-4 = não há incapacidade, 5-14= incapacidade leve, 15-24= incapacidade moderada, 25-34= incapacidade severa e superior a 34 = incapacidade completa. Para este estudo, todos os participantes teriam obrigatoriamente de apresentar valores inferiores a 4 (sem incapacidade) (Vernon, 2008).

O NDI tem demonstrado ser um instrumento válido e fiável para a avaliação da incapacidade funcional em indivíduos com dor cervical (Chan Ci En et al., 2009; Cleland et al., 2008; Vernon, 2008). Este instrumento apresenta uma boa consistência interna, variando esta entre ( $\alpha$ = 0.70 a 0.969) (MacDermid et al., 2009) e revelando uma fiabilidade intra-observador elevada, sendo o CCI superior a 0.90 (Domingues e Cruz, 2011). Esta escala encontra-se validada para a população portuguesa sendo que foi estudada a sua validade de constructo desta versão do NDI (NDI-PT) para a sua aplicação em indivíduos com DCC. Para tal, recorreram a uma amostra de 110 participantes com DCC de origem músculo-esquelética e de causa não traumática (Domingues e Cruz, 2011). Os mesmos autores desenvolveram outro estudo, também para uma população com DCC, centrado na avaliação do poder de resposta e na determinação da DMD e da diferença mínima clinicamente importante (DMCI). Os resultados revelaram que este instrumento apresenta valores moderados de poder de resposta ( $\rho$ =0.328; AUC 0.595; 95%IC 0.48 a 0.71), sendo que a DMD foi identificada em 12 pontos e a DMCI em 5.5 pontos (Cruz et al., 2015).

## **2.6. Processamento dos dados**

Os dados em bruto do BITalino R-IoT encontravam-se em ficheiros TXT que foram extraídos da plataforma *Open Signals*, conectada com o BITalino R-IoT durante a recolha de dados. Posteriormente, estes dados foram processados com recurso ao programa *Microsoft Excel 2016*. Neste programa, encontrava-se a informação recolhida por todos os sensores, então primeiramente foi selecionada apenas a referente aos eixos de movimento, onde se obteve a informação a posição dos ângulos ao longo do tempo da realização do movimento. Assim, ao se verificar qual o valor máximo e mínimo, extraiu-se a informação dos ângulos absolutos máximos

e mínimos de cada repetição para cada eixo de movimento: *yaw* (eixo do z) que corresponde ao movimento de rotação direita/ esquerda, *pitch* (eixo do y), que corresponde aos movimentos de flexão lateral direita/ esquerda e *roll* (eixo do x), que corresponde aos movimentos de flexão/ extensão. Foi posteriormente calculada a média e desvio padrão dos valores máximos e mínimos das 10 repetições realizadas para cada movimento, tanto no primeiro (T0) como no segundo momento de avaliação (T1). Ainda no *Microsoft Excel* 2016, foram calculadas as ADM para cada um dos movimentos através da diferença entre os valores médios máximos e mínimos de cada movimento.

## 2.7. Análise dos dados

Para calcular a fiabilidade teste-reteste, foram calculados os valores dos CCI e IC de 95%, segundo um modelo *two-way mixed effects* (Shrout & Fleiss, 1979).

Assim, o CCI foi calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$CCI_{consistência} = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_p^2 + \sigma_{residual}^2}$$

Em que valor de  $\sigma^2$  corresponde à variância e é o termo estatístico indicador de variabilidade.  $\sigma_p$ , corresponde à variação entre os participantes do estudo e  $\sigma_{residual}$  à variação durante a interação entre os participantes e o investigador. Como o objetivo é apenas calcular a fiabilidade intra-observador, existiu apenas um investigador, por isso, optou-se por utilizar o  $CCI_{consistência}$  em vez do  $CCI_{concordância}$  (de Vet et al., 2006a).

Foram também calculados os valores médios das diferenças entre medições (D), os seus 95%, IC o desvio padrão das diferenças (DPdif) e os 95% LDC. Estes valores serviram então para o cálculo do EPM, que foi realizado através da seguinte expressão:

$$EPM_{consistência} = \frac{DP_{dif}}{\sqrt{2}}$$

Em que DP corresponde ao Desvio Padrão. Foram também calculados os seus intervalos de confiança de 95% (de Vet et al., 2006b).

O cálculo da DMD foi representado pela seguinte fórmula:

$$DMD = 1.96 \times \sqrt{2} \times EPM$$

Onde o 1.96 deriva 95% IC e a  $\sqrt{2}$  porque estão incluídas duas medições (de Vet et al., 2006b).

O cálculo dos CCI foi realizado *no software SPSS (version 19.0; Chicago, Estados Unidos da América)* e o nível de significância considerado foi de  $p < 0.05$ . Os cálculos do IC do EPM e os diagramas de *Bland e Altman* foram realizados usando o *MedCalc Software 19.0.3*. Por fim, os valores absolutos e de percentagem do EPM e da DMD em relação ao respetivo valor médio foram calculados no *Microsoft Excel 2006*. Para o cálculo da %EPM, foi calculado o quociente entre o valor de EPM e o valor médio dos ângulos obtidos em T0 e T1, segundo a seguinte fórmula:

$$\%EPM = \frac{EPM}{\text{Valor médio dos ângulos}} \times 100$$

Para a %DMD o cálculo foi semelhante:

$$\%DMD = \frac{DMD}{\text{Valor médio dos ângulos}} \times 100$$

Este cálculo foi realizado para todas as variáveis, em todos os planos.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Caracterização da Amostra

Relativamente à caracterização da amostra foram incluídos 17 participantes no estudo (12 mulheres e 5 homens;  $23,06 \pm 3,86$  anos;  $66,14 \pm 8,74$  Kg;  $1,70 \pm 0,07$ ), cujas características sociodemográficas se encontram descritas na Tabela 1. Na END nenhum dos sujeitos referiu dor e no NDI nenhum dos sujeitos obteve pontuação no NDI superior a 4 (média  $0,77 \pm 0,89$ ).

Foi questionado a todos os sujeitos antes de iniciar os procedimentos em T1, se existiu alguma alteração desde T0 de forma a garantir a estabilidade clínica dos participantes entre os dois momentos de avaliação. Nenhum dos sujeitos foi excluído pois foram negadas alterações durante este período de tempo.

*Tabela 3 - Características Sociodemográficas dos Participantes*

	Média $\pm$ Desvio Padrão	Número (%)
<b>Idade (anos)</b>	$23.06 \pm 3.86$	
<b>Género</b>		
Masculino		5 (29.41)
Feminino		12 (70.59)
<b>Peso (kg)</b>	$66.14 \pm 8.74$	
<b>Altura (m)</b>	$1.70 \pm 0.07$	
<b>Índice de Massa Corporal</b>	$22.24 \pm 1.69$	
<b>Estado civil</b>		
Solteiro		15 (88.24)
Casado		0
Divorciado		1 (5.89)
União de facto		1 (5.89)
<b>Habilitações Literárias</b>		
Ensino primário ou inferior		0
Ensino Básico		0
Ensino Secundário		1 (5.89)
Ensino superior completo		2 (11.74)
Ensino superior incompleto		14 (82.35)
<b>Situação Profissional</b>		
Trabalhador		3 (17.65)
Desempregado		0
Estudante		14 (82.35)
Desempregado		0
Reformado		0

Dados relativos ao número de participantes, médias e respetivo desvio padrão assim como percentagens das diferentes características analisadas

### **3.2. Fiabilidade e concordância dos parâmetros cinemáticos**

A fiabilidade e concordância de todos os parâmetros cinemáticos, assim como todas as medidas a estas associadas, encontram-se descritas nas Tabelas 2, 3 e 4.

Relativamente à fiabilidade de ângulos máximos e mínimos de cada movimento, considerando os respetivos 3 eixos em análise (tabela 2), verificámos que no plano frontal os valores de CCI são mais baixos, nomeadamente para os ângulos máximo e mínimo do movimento de extensão (-0.35, 95% IC -2.72 a 0.51; -0.32, 95% IC -2.63 a 0.52, respetivamente) e ângulo máximo de FLE (-0.11, 95% IC -2.06 a 0.60). Para os restantes planos, o valor mais baixo de CCI corresponde ao ângulo máximo obtido no plano sagital no movimento de FLE (0.67, 95% 0.08 a 0.88) (ver tabela 2).

Considerando os resultados do eixo em que cada movimento ocorre de forma predominante, foram obtidos valores de CCI superiores a 0.80 para a maioria dos parâmetros (ângulo máximo, mínimo e ADM), à exceção dos valores do ângulo máximo de Flexão (0.24, 95% IC -1.10 a 0.72), do ângulo mínimo de FLE (-0.11, 95% IC -2.06 a 0.60) e do ângulo máximo, mínimo e ADM de FLD (0.46, 95% IC -0.50 a 0.80; 0.79, 95% IC 0.42 a 0.92; 0.61, 95% IC -0.08 a 8.07, respetivamente), que apresentam também IC mais amplos (ver tabela 4).

Para a concordância, os valores absolutos de EPM foram todos inferiores a 5° em todos os planos, incluindo naqueles em o movimento ocorre de forma predominante. Contudo, alguns representam uma %EPM elevada relativamente ao ângulo ou ADM, como por exemplo o ângulo máximo na FLD no plano frontal (117.74° %EPM). Contrariamente, para o ângulo mínimo de Flexão, temos um EPM DE 2.6° com um %EPM de 3.2%, sendo estes os valores mais baixos, pois apesar de a ADM da FLD revelar um erro de 1.65°, este corresponde a 20.49 da %EPM.

Para todos os planos de movimento, os valores absolutos de DMD variaram entre 5.34 ° e 14.46°. Para algumas variáveis, estes valores absolutos correspondem a valores elevados %DMD, como acontece no ângulo máximo obtido

no plano frontal aquando do movimento de RD (257.58 %DMD) ou no ângulo máximo obtido no plano frontal aquando da FLD (326.36 %DMD).

Por último, e considerando o eixo em que cada movimento ocorre de forma predominante, os valores absolutos de DMD variaram entre os 4.44° e 10.65°. Ainda assim, para o ângulo mínimo de FLD no plano frontal, o valor obtido de 10.60°, corresponde a 27.9 de %DMD. Contrariamente, para o ângulo máximo de RD que temos um valor absoluto de DMD de 6.58°, com uma %DMD de 5.98%, sendo este o valor mais baixo.

No que se refere à concordância das ADM, são apresentados os resultados na Figura 4 através dos diagramas de *Bland e Altman* e respetivos 95% LDC. Nestes diagramas é possível visualizar a média das duas medições efetuadas em relação à diferença entre ambas, os respetivos 95% LDC superior e inferior, assim como a presenças de *outliers*.

Para o movimento de extensão, a dispersão parece aumentar para valores de média intermédios. Os seus LDC correspondem a um intervalo amplo (-10.8 a 11.9) e quanto maior o intervalo dos LDC menor é a concordância. Verifica-se também a presença de 1 *outlier*. Para a ADM de flexão, observa-se uma dispersão do erro independente da magnitude da medição, mas um amplo intervalo LDC (-7.06 a 13.12), o que poderá afetar a concordância desta variável. Para além disso, podemos estar perante um caso de erro sistemático absoluto (viés=3.0). Na FLE verifica-se um intervalo amplo entre o limite superior e inferior dos 95% LDC. Esta variável apresenta uns LDC que variam de -10.34 a 10.96, o que também revela pouca concordância. Verifica-se novamente a presença de 1 *outlier*. Para a FLD, os valores das medições mantêm-se centrados nos valores mais baixos. Os LDC neste movimento são menores (-4.01 a 5.15), revelando maior concordância, comparativamente aos movimentos já referidos. Na RE, a dispersão dos valores parece aparentar um erro proporcional com uma tendência positiva à medida que aumenta a magnitude da medida (quanto maior a magnitude da medida maior o erro). Ainda assim, o intervalo dos seus LDC (-4.64 a 5.22) mostram maior concordância comparativamente com a flexão e extensão. A RD é o movimento que

apresenta menor amplitude entre os LDC (-3.75 a 5.14), demonstrando por isso maior concordância, apesar de apresentar 1 *outlier*.



Tabela 2- Valores de fiabilidade e de concordância das médias de todos os parâmetros cinemáticos

Movimento			CCI	95%IC	MÉDIA	MIN	MAX	D	95%IC	SDdif	95%LDC	EPM	%EPM	DMD	%DMD
Plano sagital	Extensão	Ângulos máximos - eixo Z	0.86	0.62 a 0.95	134.74	120.08	161.89	4.18	0.82 a 7.54	6.53	-8.62 a 16.98	4.62	3.43	12.80	9.50
		Ângulos máximos - eixo Y	-0.35	-2.72 a 0.51	-1.96	-8.51	5.88	-1.00	-3.81 a 1.81	5.47	-11.72 a 9.72	3.87	197.44	10.72	547.28
		Ângulos máximos - eixo X	0.82	0.49 a 0.93	87.45	73.19	102.10	-0.23	-2.96 a 2.49	5.29	-10.61 a 10.14	3.74	4.28	10.38	11.86
		Ângulos mínimos - eixo Z	0.76	0.34 a 0.91	109.73	101.97	119.14	1.87	0.06 a 3.67	3.50	-5.00 a 8.73	2.48	2.26	6.87	6.26
		Ângulos mínimos - eixo Y	-0.32	-2.63 a 0.52	87.45	73.19	102.10	-2.19	-4.57 a 1.44	5.84	-13.01 a 12.85	4.13	4.72	11.45	13.09
	Flexão	Ângulos mínimos - eixo X	0.93	0.81 a 0.98	29.47	1.85	46.10	-0.76	-3.33 a 1.80	4.98	-10.53 a 9.00	3.52	11.96	9.77	33.14
		Ângulos máximos - eixo Z	0.82	0.50 a 0.93	111.32	105.56	120.78	1.66	0.26 a 3.06	2.73	-3.68 a 7.00	1.93	1.73	5.34	4.80
		Ângulos máximos - eixo Y	0.24	-1.10 a 0.72	-0.70	-7.79	6.12	-1.84	-3.80 a 0.12	3.81	-9.31 a 5.63	2.69	384.70	7.47	1066.32
		Ângulos máximos - eixo X	0.93	0.81 a 0.97	133.17	117.98	154.86	1.92	-0.42 a 4.26	4.55	-7.00 a 10.84	3.22	2.42	8.92	6.70
		Ângulos mínimos - eixo Z	0.70	0.18 a 0.89	104.83	99.71	110.64	0.10	-1.46 a 1.66	3.04	-5.85 a 6.05	2.15	2.05	5.95	5.67
Plano frontal	Flexão lateral esquerda	Ângulos mínimos - eixo Y	0.21	-1.18 a 0.71	-5.57	-13.10	2.64	-2.63	-4.50 a -0.76	3.63	-9.75 a 4.50	2.57	46.17	7.12	127.97
		Ângulos mínimos - eixo X	0.93	0.81 a 0.97	81.38	67.09	95.46	-1.11	-3.01 a 0.78	3.68	-8.33 a 6.10	2.60	3.20	7.22	8.87
		Ângulos máximos - eixo Z	0.76	0.33 a 0.91	111.87	102.68	121.10	1.43	-0.71 a 3.58	4.17	-6.74 a 9.61	2.95	2.64	8.18	7.31
		Ângulos máximos - eixo Y	0.85	0.57 a 0.94	34.73	17.03	52.63	-1.57	-4.76 a 1.63	6.21	-13.74 a 10.60	4.39	12.64	12.17	35.04
		Ângulos máximos - eixo X	0.67	0.08 a 0.88	87.98	74.78	106.09	-2.47	-6.26 a 1.32	7.38	-16.93 a 11.99	5.22	5.93	14.46	16.43
	Flexão lateral direita	Ângulos mínimos - eixo Z	0.85	0.57 a 0.94	95.48	73.28	110.78	0.54	-2.84 a 3.93	6.58	-12.36 a 13.45	4.66	4.88	12.90	13.52
		Ângulos mínimos - eixo Y	-0.11	-2.06 a 0.60	-5.47	-9.92	1.80	-1.88	-4.06 a 0.31	4.25	-10.22 a 6.46	3.01	54.98	8.34	152.40
		Ângulos mínimos - eixo X	0.90	0.71 a 0.96	78.82	60.34	95.80	-1.45	-4.17 a 1.27	5.29	-11.81 a 8.91	3.74	4.74	10.36	13.15
		Ângulos máximos - eixo Z	0.81	0.48 a 0.93	87.45	73.19	102.10	1.53	-1.43 a 4.43	5.75	-9.75 a 12.81	4.07	4.65	11.28	12.90
		Ângulos máximos - eixo Y	0.46	-0.50 a 0.80	-2.76	-9.51	7.52	-1.88	-4.24 a 0.48	4.59	-10.88 a 7.11	3.25	117.74	9.00	326.36
Plano transversal	Rotação esquerda	Ângulos máximos - eixo X	0.82	0.49 a 0.93	89.35	77.67	102.47	-0.83	-3.75 a 2.09	5.68	-11.96 a 10.29	4.01	4.49	11.13	12.45
		Ângulos mínimos - eixo Z	0.69	0.13 a 0.89	107.55	97.15	119.25	0.40	-2.43 a 3.23	5.50	-10.39 a 11.18	3.89	3.62	10.79	10.03
		Ângulos mínimos - eixo Y	0.79	0.42 a 0.92	-37.93	-51.83	-26.99	-2.50	-5.28 a 0.28	5.41	-13.10 a 8.10	3.82	10.08	10.60	27.94
		Ângulos mínimos - eixo X	0.86	0.60 a 0.95	81.17	67.07	95.92	-2.08	-5.21 a 1.05	6.08	-14.00 a 9.84	4.30	5.30	11.92	14.69
		Ângulos máximos - eixo Z	0.95	0.87 a 0.98	145.46	108.57	164.69	1.76	-0.63 a 4.15	4.65	-7.36 a 10.88	3.29	2.26	9.12	6.27
	Rotação direita	Ângulos máximos - eixo Y	0.90	0.71 a 0.96	2.98	-6.09	31.42	-1.01	-3.50 a 1.48	4.85	-10.51 a 8.49	3.43	115.09	9.50	319.03
		Ângulos máximos - eixo X	0.82	0.50 a 0.93	86.58	73.05	99.53	-1.96	-4.74 a 0.82	5.41	-12.56 a 8.63	3.82	4.42	10.60	12.24
		Ângulos mínimos - eixo Z	0.83	0.53 a 0.94	109.13	98.64	119.30	1.47	-0.62 a 3.56	4.06	-6.49 a 9.43	2.87	2.63	7.96	7.29
		Ângulos mínimos - eixo Y	0.05	-1.62 a 0.66	-4.88	-11.81	7.48	-2.00	-4.76 a 0.76	5.37	-12.52 a 8.52	3.79	77.68	10.52	215.32
		Ângulos mínimos - eixo X	0.80	0.44 a 0.93	81.93	69.79	95.99	-1.81	-4.79 a 1.18	5.81	-13.20 a 9.58	4.11	5.02	11.39	13.90
		Ângulos máximos - eixo Z	0.84	0.56 a 0.94	110.06	101.61	118.41	1.06	-0.67 a 2.78	3.36	-5.53 a 7.64	2.37	2.16	6.58	5.98
		Ângulos máximos - eixo Y	0.35	-0.78 a 0.77	-3.44	-10.12	6.31	-1.19	-3.51 a 1.14	4.52	-10.05 a 7.68	3.20	92.93	8.87	257.58
		Ângulos máximos - eixo X	0.78	0.40 a 0.92	87.21	73.98	99.92	-1.05	-4.08 a 1.98	5.89	-12.59 a 10.49	4.16	4.77	11.54	13.23
		Ângulos mínimos - eixo Z	0.88	0.68 a 0.96	71.74	59.49	85.25	0.36	-1.85 a 2.57	4.30	-8.06 a 8.78	3.04	4.24	8.42	11.74
		Ângulos mínimos - eixo Y	0.57	-0.19 a 0.84	-10.47	-19.43	2.17	-1.45	-3.74 a 0.85	4.46	-10.19 a 7.30	3.16	30.14	8.75	83.54
		Ângulos mínimos - eixo X	0.83	0.54 a 0.94	81.92	69.31	94.09	-0.85	-3.47 a 1.76	5.38	-10.81 a 9.10	3.80	4.64	10.55	12.87

CCI, coeficiente de correlação intraclasse; 95% IC, intervalo de confiança para o CCI; Média, média das medições em T0 e T1; Média (Min a Máx), valores mínimos e máximo da média; Dif, média das diferenças entre T0 e T1; 95% IC, intervalo de confiança para a diferença; DP, desvio padrão das diferenças; 95% LDC, 95% dos limites de concordância; EPM, erro padrão de

medida; %EPM, Percentagem do erro padrão de medida em relação ao respetivo valor médio. DMD, diferença mínima detetável; %DMD, Percentagem da diferença mínima detetável em relação ao respetivo valor médio.

Tabela 3- Valores de fiabilidade e de concordância das médias das amplitudes de movimento em cada eixo

Movimento			CCI	95%IC	MÉDIA	MIN	MAX	D	95%IC	DPdif	95%LDC	EPM	%EPM	DMD	%DMD
Plano sagital	Extensão	ADM Eixo - Z	0.84	0.55 a 0.94	25.01	10.52	44.82	2.31	-0.72 a 5.35	5.90	-9.25 a 13.88	4.17	16.68	11.56	46.23
		ADM Eixo - Y	0.28	-0.98 a 0.74	4.80	1.94	11.91	0.57	-0.96 a 2.09	2.97	-5.25 a 6.38	2.10	43.73	5.82	121.20
		ADM Eixo - X	0.92	0.77 a 0.97	57.99	43.93	87.78	0.53	-2.44 a 3.50	5.78	-10.80 a 11.86	4.09	7.05	11.33	19.54
	Flexão	ADM Eixo - Z	0.57	-0.19 a 0.84	6.49	3.12	13.07	1.56	0.24 a 2.88	2.57	-3.47 a 6.59	1.82	27.97	5.03	77.53
		ADM Eixo - Y	0.27	-1.00 a 0.74	4.87	1.35	11.86	0.78	-0.74 a 2.31	2.97	-5.04 a 6.61	2.10	43.21	5.83	119.77
		ADM Eixo - X	0.93	0.81 a 0.97	51.79	32.07	72.96	3.03	0.39 a 5.68	5.15	-7.06 a 13.12	3.64	7.03	10.09	19.48
	Plano frontal	ADM Eixo - Z	0.88	0.67 a 0.96	16.39	7.23	33.24	0.89	-1.43 a 3.21	4.51	-7.95 a 9.73	3.19	19.45	8.84	53.91
		ADM Eixo - Y	0.86	0.61 a 0.95	40.20	23.86	56.10	0.31	-2.49 a 3.10	5.44	-10.34 a 10.96	3.84	9.56	10.65	26.50
		Eixo - X	0.59	-0.14 a 0.85	9.17	2.83	20.12	-1.02	-3.35 a 1.31	4.54	-9.92 a 7.88	3.21	35.01	8.90	97.05
		ADM Eixo - Z	0.49	-0.40 a 0.82	36.33	8.56	49.48	0.29	-1.00 a 1.58	2.52	-4.64 a 5.22	1.78	4.90	4.93	13.57
		ADM Eixo - Y	0.61	-0.08 a 0.86	8.07	3.02	36.99	0.57	-0.63 a 1.77	2.34	-4.01 a 5.15	1.65	20.49	4.58	56.80
		ADM Eixo - X	0.59	-0.13 a 0.85	4.65	2.42	7.16	-0.16	-0.97 a 0.66	1.59	-3.28 a 2.96	1.13	24.18	3.12	67.03
Plano transversal	Rotação esquerda	ADM Eixo - Z	0.98	0.94 a 0.99	36.33	8.56	49.48	0.29	-1.00 a 1.58	2.52	-4.64 a 5.22	1.78	4.90	4.93	13.57
		ADM Eixo - Y	0.97	0.93 a 0.99	8.07	3.02	36.99	0.57	-0.63 a 1.77	2.34	-4.01 a 5.15	1.65	20.49	4.58	56.80
		ADM Eixo - X	0.33	-0.86 a 0.76	4.65	2.42	7.16	-0.16	-0.97 a 0.66	1.59	-3.28 a 2.96	1.13	24.18	3.12	67.03
	Rotação direita	ADM Eixo - Z	0.97	0.90 a 0.99	38.33	28.18	52.54	0.70	-0.47 a 1.86	2.27	-3.75 a 5.14	1.60	4.18	4.44	11.59
		ADM Eixo - Y	0.78	0.38 a 0.92	7.03	3.40	13.42	0.26	-0.94 a 1.46	2.34	-4.32 a 4.84	1.65	23.49	4.58	65.10
		ADM Eixo - X	0.26	-1.03 a 0.73	5.38	1.44	12.21	0.08	-1.33 a 1.49	2.75	-5.30 a 5.46	1.94	36.11	5.38	100.10

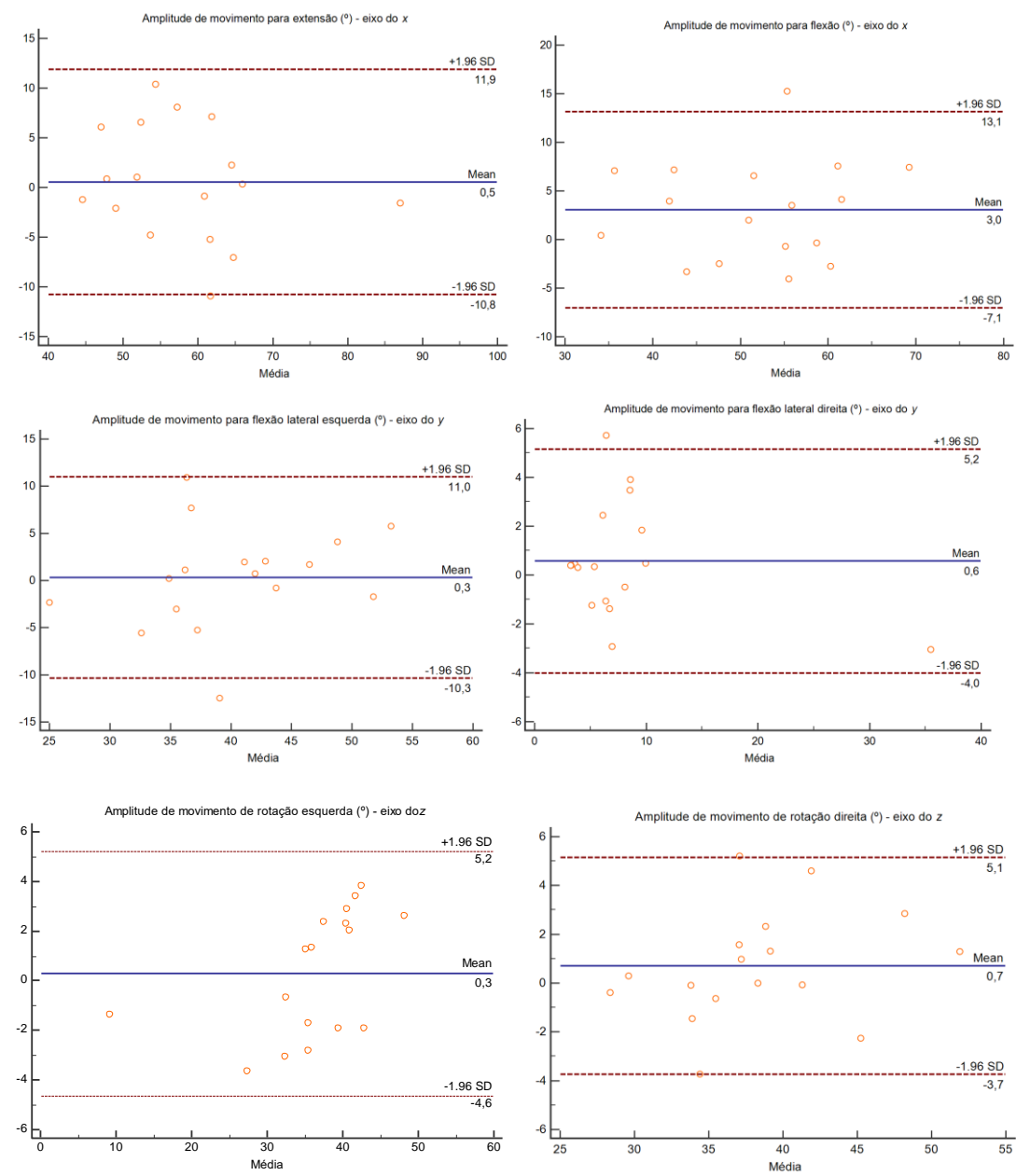
CCI, coeficiente de correlação intraclasse; 95% IC, intervalo de confiança para o CCI; Média, média das medições em T0 e T1; Média (Min a Máx), valores mínimos e máximo da média; Dif, média das diferenças entre T0 e T1; 95% IC, intervalo de confiança para a diferença; DP, desvio padrão das diferenças; 95% LDC, 95% dos limites de concordância; EPM, erro padrão de medida; %EPM, Percentagem do erro padrão de medida em relação ao respetivo valor médio. DMD, diferença mínima detetável; %DMD, Percentagem da diferença mínima detetável em relação ao respetivo valor médio.

*Tabela 4- Valores de fiabilidade e de concordância das médias dos ângulos máximos, mínimos e das amplitudes de movimento no respetivo eixo predominante*

Movimento			CCI	95%IC	MÉDIA	MIN	MAX	D	95%IC	DPdif	95%LDC	EPM	%EPM	DMD	%DMD
Plano sagital	Extensão	Ângulo Máximo	0.82	0.49 a 0.93	87.45	73.19	102.10	-0.23	-2.96 a 2.49	5.29	-10.61 a 10.14	3.74	4.28	10.38	11.86
		Ângulo Mínimo	0.93	0.81 a 0.98	29.47	1.85	46.10	-0.76	-3.33 a 1.80	4.98	-10.53 a 9.00	3.52	11.96	9.77	33.14
		ADM	0.92	0.77 a 0.97	57.99	43.93	87.78	0.53	-2.44 a 3.50	5.78	-10.80 a 11.86	4.09	7.05	11.33	19.54
	Flexão	Ângulo Máximo	0.93	0.81 a 0.97	133.17	117.98	154.86	1.92	-0.42 a 4.26	4.55	-7.00 a 10.84	3.22	2.42	8.92	6.67
		Ângulo Mínimo	0.93	0.81 a 0.97	81.38	67.09	95.46	-1.11	-3.01 a 0.78	3.68	-8.33 a 6.10	2.60	3.20	7.22	8.87
		ADM	0.93	0.81 a 0.97	51.79	32.07	72.96	3.03	0.39 a 5.68	5.15	-7.06 a 13.12	3.64	7.03	10.09	19.48
Plano frontal	Flexão lateral esquerda	Ângulo Máximo	0.85	0.57 a 0.94	34.73	17.03	52.63	-1.57	-4.76 a 1.63	6.21	-13.74 a 10.60	4.39	12.64	12.17	35.04
		Ângulo Mínimo	-0.11	-2.06 a 0.60	-5.47	-9.92	1.80	-1.88	-4.06 a 0.31	4.25	-10.22 a 6.46	3.01	54.98	8.34	152.40
		ADM	0.86	0.61 a 0.95	40.20	23.86	56.10	0.31	-2.49 a 3.10	5.44	-10.34 a 10.96	3.84	9.56	10.65	26.50
	Flexão lateral direita	Ângulo Máximo	0.46	-0.50 a 0.80	-2.76	-9.51	7.52	-1.88	-4.24 a 0.48	4.59	-10.88 a 7.11	3.25	117.74	9.00	326.36
		Ângulo Mínimo	0.79	0.42 a 0.92	-37.93	-51.83	-26.99	-2.50	-5.28 a 0.28	5.41	-13.10 a 8.10	3.82	10.08	10.60	27.94
		ADM	0.61	-0.08 a 0.86	8.07	3.02	36.99	0.57	-0.63 a 1.77	2.34	-4.01 a 5.15	1.65	20.49	4.58	56.80
Plano transversal	Rotação esquerda	Ângulo Máximo	0.95	0.87 a 0.98	145.46	108.57	164.69	1.76	-0.63 a 4.15	4.65	-7.36 a 10.88	3.29	2.26	9.12	6.27
		Ângulo Mínimo	0.83	0.53 a 0.94	109.13	98.64	119.30	1.47	-0.62 a 3.56	4.06	-6.49 a 9.43	2.87	2.63	7.96	7.29
		ADM	0.98	0.94 a 0.99	36.33	8.56	49.48	0.29	-1.00 a 1.58	2.52	-4.64 a 5.22	1.78	4.90	4.93	13.57
	Rotação direita	Ângulo Máximo	0.84	0.56 a 0.94	110.06	101.61	118.41	1.06	-0.67 a 2.78	3.36	-5.53 a 7.64	2.37	2.16	6.58	5.98
		Ângulo Mínimo	0.88	0.68 a 0.96	71.74	59.49	85.25	0.36	-1.85 a 2.57	4.30	-8.06 a 8.78	3.04	4.24	8.42	11.74
		ADM	0.97	0.90 a 0.99	38.33	28.18	52.54	0.70	-0.47 a 1.86	2.27	-3.75 a 5.14	1.60	4.18	4.44	11.59

CCI, coeficiente de correlação intraclasse; 95% IC, intervalo de confiança para o CCI; Média, média das medições em T0 e T1; Média (Min a Máx), valores mínimos e máximo da média; Dif, média das diferenças entre T0 e T1; 95% IC, intervalo de confiança para a diferença; DP, desvio padrão das diferenças; 95% LDC, 95% dos limites de concordância; EPM, erro padrão de medida; %EPM, Percentagem do erro padrão de medida em relação ao respetivo valor médio. DMD, diferença mínima detetável; %DMD, Percentagem da diferença mínima detetável em relação ao respetivo valor médio.

Figura 4 - Diagramas de Bland-Altman representados através dos 95% LDC das ADM de E, F, LLF, LRT, RLF e RRT



## 4. DISCUSSÃO

O presente estudo é pioneiro na avaliação da fiabilidade teste-reteste, concordância e DMD da plataforma BITalino R-IoT. Na generalidade, os resultados demonstraram bons valores de fiabilidade teste-reteste para a maioria dos parâmetros cinemáticos em estudo, assim como valores de EPM clinicamente aceitáveis.

No que toca à fiabilidade teste-reteste os nossos resultados reportaram valores de CCI entre 0.67 (95% IC 0.08 a 0.88) e 0.93 (95% IC 0.81 a 0.97) para todos os ângulos máximos e mínimos dos vários movimentos e respetivos planos, com exceção do plano frontal, em que apenas o ângulo máximo de FLE, o ângulo mínimo de FLD e o ângulo máximo de RD se encontram no intervalo em cima referido, sendo os restantes inferiores. Apesar de alguns movimentos apresentarem valores moderados a bons de CCI, alguns deles apresentam IC demasiado amplos, diminuindo por isso a confiança que pode ser atribuída à sua fiabilidade.

Relativamente à fiabilidade teste-reteste das ADM, os valores de CCI variaram entre 0.59 (95% IC -0.14 a 0.85) e 0.98 (95% 0.94 a 0.99) em todos os movimentos e planos, com exceção do plano frontal para os movimentos de extensão, flexão e FLD, que são inferiores e no plano sagital de RE e RD. Uma vez mais, apesar de alguns valores de CCI serem considerados moderados, o IC é demasiado amplo, o que reduz a sua fiabilidade.

Se realizarmos uma análise dos ângulos máximos, mínimos e ADM nos planos onde cada movimento ocorre de forma predominante, sagital para a flexão/extensão, frontal para a FLE/FLD e transversal para a RE/RD, verificamos valores de CCI elevados para a maioria dos parâmetros. Para a extensão, o CCI varia entre 0.82 (95% IC, 0.49 a 0.93) e 0.93 (95% IC 0.81 a 0.98). Para a flexão está nos 0.81 (95% IC 0.81 a 0.97) para os 3 parâmetros cinemáticos avaliados. Na RE entre 0.83 (95% 0.53 a 0.94) e 0.98 (95%IC 0.94 a 0.99) e na RD entre 0.84, (95% IC 0.56 a 0.94) e 0.97 (95%IC 0.90 a 0.99). Na FLE temos valores de CCI entre 0.85 (95% IC 0.57 a 0.94) e 0.86 (95% IC 0.61 a 0.95) para a média do ângulo máximo e ADM, respetivamente, e -0.11 (95% IC -2.06 a 0.60 para o ângulo médio

mínimo. Por último, para a FLD apresenta valores de 0.46 (95% IC -0.50 a 0.80) para o ângulo médio máximo, 0.79 (95% IC 0.42 a 0.92) para o mínimo e 0.61 (95% IC -0.08 a 0.86) para ADM média. Sendo no plano frontal que existem valores de CCI menores e, como tal, menor fiabilidade.

Keszei et al., 2010 sugeriu que valores de CCI superiores a 0.90 são considerados elevados e mínimos quando o objetivo é utilizar a medida em contexto clínico, e valores entre 0.70 e 0.80 são considerados aceitáveis para contextos de investigação. Assim, alguns dos nossos resultados para ângulos absolutos podem ser utilizados em contexto de investigação (exceto no plano frontal para o ângulo máximo e mínimo no movimento de extensão, ângulo máximo e mínimo de flexão, ângulo mínimo de FLE, ângulo máximo de FLD, ângulo mínimo de RE e ângulo máximo e mínimo de RD). Se tivermos em conta o plano em que cada movimento ocorre de forma predominante, todos os parâmetros podem ser utilizados em contexto de investigação (com exceção dos referentes à FLD e ângulo mínimo de FLE) e parte deles podem também em contexto clínico.

Posto isto, podemos aferir que os valores obtidos pelo BITalino R-IoT tem maior fiabilidade para os movimentos de F/E no eixo do x, FLE/FLD no eixo do y e RE/RD no eixo do z, comparativamente aos valores obtidos nos restantes eixos para cada um dos movimentos referidos.

A plataforma em estudo apresenta igualmente maior fiabilidade para ângulos máximos, mínimos e ADM no plano sagital para F/E e transversal para RE/RD. Ou seja, é nestes movimentos que o BITalino R-IoT permite distinguir melhor os participantes da amostra entre si, apesar do EPM que lhe está associado. Para os restantes movimentos, o erro associado à medida é superior quando comparado com a variabilidade dos sujeitos, o que leva a valores de CCI inferiores.

Relativamente à concordância, foram encontrados valores absolutos de EPM inferiores a 5.22° para todos dos parâmetros cinemáticos analisados e inferiores a 4.39°, quando considerado o eixo predominante de cada movimento. Um dos trabalhos que analisa este tema é a revisão sistemática de McGinley, et al.,(2009) que sugere que valores de EPM que variem entre os 2° e os 5° devem ser considerados aceitáveis e capazes de serem utilizados no futuro. No entanto,

esta revisão refere-se à análise tridimensional da marcha e, como tal, a sua interpretação no âmbito da análise de movimento da coluna cervical deverá ser feita com cautela. Uma revisão sistemática de Keogh et al., (2019) que avaliou vários estudos de validade e fiabilidade, de vários instrumentos, para medir ADM da cervical constata que, para os estudos que incluíram o EPM, foram considerados como aceitáveis os valores inferiores a 5°. Ainda assim, e uma vez mais, é necessário interpretar estes valores com cuidado, pois não há referência ao %EPM.

Apesar dos baixos valores absolutos de EPM encontrados neste estudo, a retirada de conclusões acerca destes resultados deve ser feita de forma cuidadosa. Um dos parâmetros que pode dar informações preciosas acerca da dimensão real de EPM de uma dada variável prende-se com o cálculo da relação entre o valor absoluto do EPM e o valor médio dessa mesma variável (%EPM).

Assim, analisando os resultados obtidos e especificando-os relativamente aos diferentes planos de movimento, observamos que apesar de os valores absolutos de EPM serem inferiores a 5.22°, este pode ser muito elevado para determinados parâmetros. Por exemplo, o ângulo máximo em y no movimento de extensão, o EPM é 3.87°, contudo corresponde a 197.44%EPM, que é muito elevado. Neste parâmetro o ICC é -0.35, contudo, nem todos os parâmetros que apresentam valores de %EPM elevados revelam valores de ICC reduzidos. Por exemplo, os valores de %EPM e de CCI obtidos em y aquando do movimento de RE, são de 115.1° e 0.9 (95%IC 0.71 a 0.96), respetivamente. Isto significa que neste caso o instrumento é fiável, mas tem fraca capacidade de distinguir pequenas alterações entre medições repetidas e assim menor concordância.

Outro resultado interessante, é que as variáveis que apresentam %EPM maiores, são os que têm valores de médias inferiores. Considerando novamente o ângulo máximo em y que ocorre no movimento de extensão, o valor médio obtido é 1.96°. Isto pode, de certa forma, justificar o valor de %EPM mais elevado, pois valor absoluto de EPM obtido de 3.87 ° é superior ao próprio valor médio apresentado pela variável, anteriormente referido.

Ainda nos parâmetros de concordância, foram obtidos intervalos de 95% LDC extensos. A falta de estudos anteriores acerca da temática limita a interpretação dos resultados, sobretudo no que toca à sua importância clínica. Na revisão sistemática de Keogh et al., (2019) foram considerados bons intervalos de 95% LDC valores inferiores a  $\pm 9.8^\circ$  para distinguir a concordância dos vários instrumentos e estudos em análise.

Se analisarmos os intervalos para todos os movimentos nos vários planos, poucos são os que coincidem com o referido nesta revisão. Contudo, se olharmos para os movimentos cuja análise foi centrada no eixo de predomínio do mesmo, verificamos que os ângulos máximo, mínimo e ADM de flexão, RD e RE apresentam valores dos respetivos LDC que se incluem no valor referido anteriormente, bem como a ADM da FLD. Podemos aferir que a amplitude de valores observada nos LDC implica a existência de grandes diferenças entre os valores médios obtidos em duas sessões consecutivas relativamente aos ângulos absolutos e ADM, pelo que parece existir interferência significativa do EPM.

Relativamente à DMD são todas inferiores a  $14.46^\circ$ , considerando todos os movimentos e planos. Verifica-se que os parâmetros que apresentam maiores valores de %EPM naturalmente também apresentam maiores valores de %DMD. Mantendo o exemplo do ângulo máximo em y para o movimento de extensão, este apresenta uma DMD de  $10.72^\circ$  e %DMD de 547.28%. O valor utilizado como referencia por Keogh et al., 2019 foi DMD inferiores a  $5^\circ$ , onde só para as ADM da FLD, RE e RD se encontram inferiores a  $5^\circ$ .

Quando considerado apenas o x, y e z para F/E, FLE/FLD e RE/RD, respetivamente, os valores de DMD são inferiores sendo o máximo de  $11.3^\circ$  para a ADM de extensão. Sendo então necessários  $11.3^\circ$  para ter 95% de certeza que a diferença entre os valores de uma medição e a seguinte num dado indivíduo representa uma mudança real, enquanto que para a ADM da RD são apenas necessários  $4.44^\circ$ .

Relativamente aos estudos anteriores quando comparamos os resultados deste estudo com os da aplicação *Goniometer Pro*® para o *iPhone 7* ® verifica-se que o CCI da ADM dos vários movimentos varia entre 0.46 e 0.98 (com a exceção



do ângulo mínimo de FLE) e nesta aplicação entre 0.62 e 0.71, pelo que o BITalino R-IoT apresenta valores de CCI superiores. O EPM é semelhante entre os instrumentos, pois varia entre 1.60° e 4.39° e os da aplicação entre 1.23° e 4.51°, e a DMD também, pois obtiveram-se valores de 4.44° e 12.17° para o BITalino R-IoT e na aplicação de *iPhone* entre 3.40° e 12.50°. Contudo, como foi referido, estes valores têm de ser interpretados com cautela, pois não são referidos valores de %EPM nem %DMD neste estudo (Pourahmadi et al., 2017).

Os valores obtidos neste estudo estão de acordo com os obtidos noutro estudo (embora seja na análise da marcha e não na cervical) em indivíduos saudáveis, utilizando como *gold standard* um sistema optoelectrónico onde se obteve um CCI acima de 0.7 para a maioria dos parâmetros cinemáticos e um EPM inferior ou igual a 4° (Fernandes et al., 2016).

Comparando os valores de CCI obtidos com os do CROM, onde o CCI varia entre 0.58 e 0.99 (Williams et al., 2010), no presente estudo houve valores de CCI inferiores no plano frontal, tanto para a FLD como FLE. O mesmo acontece quando comparado com o goniómetro eletrónico (CCI entre 0.81 e 0.92), contudo, este apresenta valores de EPM superiores (3.50° a 6.05°) (Law & Chiu, 2013).

Deste modo, o BITalino R-IoT não parece ser fiável para todos os parâmetros cinemáticos avaliados. Apresenta fraca fiabilidade em y nos movimentos de F/E e RE/RD e moderada para a maioria dos parâmetros para FLE/FLD. O plano transversal é onde se verifica maior fiabilidade, uma vez que todos os parâmetros apresentam valores que podem ser utilizados em contexto de investigação e alguns deles na prática clínica. Em acréscimo, neste plano (z), para os valores de absolutos e ADM de RE/RD verifica-se fiabilidade muito boa a excelente.

Relativamente à concordância, o BITalino R-IoT apresenta bons resultados para os vários parâmetros em x para F/E, assim como para os vários parâmetros em z para RE/RD. Em y para FLE/FLD apresenta menor concordância do que os anteriormente referidos, tendo menos capacidade de distinguir alterações entre medições consecutivas.

## 5. CONTRIBUTO E LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Como contributo do estudo, considerou-se o rigor utilizado para as recolhas de dados, onde foi criada uma lista de procedimentos *standard*, de forma a garantir as mesmas condições para todas as recolhas. Destes procedimentos destacam-se por exemplo, a adoção de marcas no chão, de forma a garantir que os participantes se sentavam sempre no mesmo sítio, a utilização do mesmo banco e a verbalização dos mesmos comandos para a realização dos movimentos pelos participantes. Para além disso, foram também criadas marcas na fita onde se inseriu o *BITalino R-IoT*, de forma a garantir que o instrumento estava sempre colocado no mesmo sítio (dento dessas marcas). Em relação à colocação da fita também foram definidas referências (acima da linha das sobrancelhas e do bordo superior das orelhas) de forma a colocá-la sempre de igual forma nos participantes. Ainda assim, dever-se-ia ter tido outro fator em conta, como ideal seria para a análise de dados considerar a posição inicial como o “zero” e subtrair esse valor aos restantes analisando a variação em relação ao zero. Assim, mesmo que houvesse alguma alteração de valores devido a alguma pequena diferença no posicionamento do aparelho, ela não influenciaria os dados.

Outro fator positivo a considerar, pode ser a utilização de escalas como a NDI e END para garantir que os participantes são assintomáticos.

Por último, não foi avaliada a fiabilidade inter-observador. Apesar de não ser um dos objetivos do estudo, este conhecimento seria importante, considerando que o procedimento experimental em questão é muitas vezes realizado por diferentes investigadores, sendo este também um fator limitante.

## 6. CONCLUSÃO

A plataforma BITalino R-IoT apresenta boa fiabilidade para os vários parâmetros cinemáticos, tanto no plano sagital como transversal. No plano frontal apresenta fraca fiabilidade em alguns parâmetros. No que se refere especificamente à ADM, todos os movimentos (com exceção da FLD) apresentam níveis de fiabilidade bons a excelentes.

Apresenta também valores de EPM e DMD clinicamente aceitáveis para praticamente todos os parâmetros. Sendo que no plano sagital e transversal é onde o BITalino R-IoT apresenta maior concordância.

Foram encontrados alguns valores de %EPM e %DMD elevados, essencialmente nos movimentos no plano frontal. Este facto vem suportar a importância de considerar diferentes parâmetros e formas de cálculo quando se interpretam valores de fiabilidade e concordância.

O *BITalino R-IoT*, apresenta ainda vantagens, como ser de baixo custo, portátil, sem fios, não dependente da observação do utilizador, podendo vir a ser utilizado quer por profissionais de saúde, quer pelos próprios utentes em clínicas ou nas próprias casas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altman, D. G., & Bland, J. M. (2005). Standard deviations and standard errors. *BMJ (Clinical Research Ed.)*. <https://doi.org/10.1136/bmj.331.7521.903>
- Antonaci, F., Bulgheroni, M., Ghirmai, S., Lanfranchi, S., Toffola, E. D., Sandrini, G., & Nappi, G. (2002). 3D Kinematic Analysis and Clinical Evaluation of Neck Movements in Patients with Whiplash Injury. *Cephalalgia*, 22(7), 533–542. <https://doi.org/10.1046/j.1468-2982.2002.00405.x>
- Antonaci, F., Ghirmai, S., Bono, G., & Nappi, G. (2000). Current methods for cervical spine movement evaluation: A review. *Clinical and Experimental Rheumatology*.
- Anvari, A., Halpern, E. F., & Samir, A. E. (2018). Essentials of Statistical Methods for Assessing Reliability and Agreement in Quantitative Imaging. *Academic Radiology*. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2017.09.010>
- Audette, I., Dumas, J.-P., Côté, J. N., & De Serres, S. J. (2010). Validity and Between-Day Reliability of the Cervical Range of Motion (CROM) Device. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40(5), 318–323. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3180>
- Bahat, H. S., Igbariya, M., Quek, J., & Treleaven, J. (2016). Cervical Kinematics of Fast Neck Motion across Age. *Journal of Novel Physiotherapies*. <https://doi.org/10.4172/2165-7025.1000306>
- Bahat, H. S., Sprecher, E., Sela, I., & Treleaven, J. (2016). Neck motion kinematics: an inter-tester reliability study using an interactive neck VR assessment in asymptomatic individuals. *European Spine Journal*, 25(7), 2139–2148. <https://doi.org/10.1007/s00586-016-4388-5>
- Bahat, H. S., Weiss, P. L., & Laufer, Y. (2010). The effect of neck pain on cervical kinematics, as assessed in a virtual environment. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 91(12), 1884–1890. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2010.09.007>

- Batista, D., Silva, H., & Fred, A. (2017). Experimental characterization and analysis of the BITalino platforms against a reference device. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, 2418–2421.  
<https://doi.org/10.1109/EMBC.2017.8037344>
- Bergamini, E., Ligorio, G., Summa, A., Vannozzi, G., Cappozzo, A., & Sabatini, A. M. (2014). Estimating orientation using magnetic and inertial sensors and different sensor fusion approaches: Accuracy assessment in manual and locomotion tasks. *Sensors (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/s141018625>
- Bible, J. E., Biswas, D., Miller, C. P., Whang, P. G., & Grauer, J. N. (2010). *Ovid: Normal Functional Range of Motion of the Cervical Spine During 15 Activities of Daily Living*. 23(1), 15–21. Retrieved from <http://ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.15.1b/ovidweb.cgi?QS2=434f4e1a73d37e8c8b72a1e2ee153b38dbb41acdb35dda43b24ffa6c2a88d85a4bc7de44ca8fdeedd9ea92ac546407a049b3ac8f48302836e731d1a2e90d3321bbcaac3696101f171445dad6df30ad7fa6104b744467d08c625989a28f4b34cf9f4542478d>
- Chan Ci En, M., Clair, D. A., & Edmondston, S. J. (2009). Validity of the Neck Disability Index and Neck Pain and Disability Scale for measuring disability associated with chronic, non-traumatic neck pain. *Manual Therapy*, 14(4), 433–438. <https://doi.org/10.1016/j.math.2008.07.005>
- Childs, J. D., Cleland, J. A., Elliott, J. M., Teyhen, D. S., Wainner, R. S., Whitman, J. M., ... Flynn, T. W. (2008). Neck pain: Clinical practice guidelines linked to the international classification of functioning, disability, and health from the orthopaedic section of the american physical therapy association. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*.  
<https://doi.org/10.2519/jospt.2008.0303>
- Cleland, J. A., Childs, J. D., & Whitman, J. M. (2008). Psychometric Properties of the Neck Disability Index and Numeric Pain Rating Scale in Patients With Mechanical Neck Pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*.  
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.08.126>
- Cloete, T., & Scheffer, C. (2008). Benchmarking of a full-body inertial motion

- capture system for clinical gait analysis. *Proceedings of the 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS'08 - "Personalized Healthcare through Technology."*  
<https://doi.org/10.1109/iembs.2008.4650232>
- Cook, D. A., & Beckman, T. J. (2006). Current concepts in validity and reliability for psychometric instruments: Theory and application. *American Journal of Medicine*. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2005.10.036>
- Cruz, E. B., Fernandes, R., Carnide, F., Domingues, L., Pereira, M., & Duarte, S. (2015). Cross-cultural adaptation and validation of the neck disability index to european portuguese language. *Spine*, 40(2), E77–E82.  
<https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000000692>
- Cuesta-Vargas, A. I., Galán-Mercant, A., & Williams, J. M. (2010). The use of inertial sensors system for human motion analysis. *Physical Therapy Reviews*. <https://doi.org/10.1179/1743288X11Y.0000000006>
- de Vet, H. C., Terwee, C. B., Ostelo, R. W., Beckerman, H., Knol, D. L., & Bouter, L. M. (2006). Minimal changes in health status questionnaires: Distinction between minimally detectable change and minimally important change. *Health and Quality of Life Outcomes*. <https://doi.org/10.1186/1477-7525-4-54>
- de Vet, H. C. W., Terwee, C. B., Knol, D. L., & Bouter, L. M. (2006). When to use agreement versus reliability measures. *Journal of Clinical Epidemiology*. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2005.10.015>
- Domingues, Lúcia; Cruz, E. (2011). *Relação entre a Catastrofização da Dor, Percepção da Intensidade da Dor e Incapacidade Funcional em utentes com dor crónica cervical*.
- Duc, C., Salvia, P., Lubansu, A., Feipel, V., & Aminian, K. (2013). Objective evaluation of cervical spine mobility after surgery during free-living activity. *Clinical Biomechanics*. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2013.03.006>
- Dvir, Z., & Prushansky, T. (2000). Reproducibility and instrument validity of a new ultrasonography-based system for measuring cervical spine kinematics. *Clinical Biomechanics*, 15(9), 658–664. <https://doi.org/10.1016/S0268->

- Fernandes, R., Armada-da-Silva, P., Pool-Goudaazward, A., Moniz-Pereira, V., & Veloso, A. P. (2016). Three dimensional multi-segmental trunk kinematics and kinetics during gait: Test-retest reliability and minimal detectable change. *Gait and Posture*. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.02.007>
- Fletcher, J. P., & Bandy, W. D. (2008). Intrarater reliability of CROM measurement of cervical spine active range of motion in persons with and without neck pain. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. <https://doi.org/10.2519/jospt.2008.2680>
- Gordon Robertson , Graham Caldwell, Joseph Hamill, Gary Kamen, S. W. (2014). *Research Methods in Biomechanics* (2nd ed.; H. Kinetics, Ed.).
- Hachadorian, J., Lugo, A., Lian, E., Khoa, T. Q. D., & Van Toi, V. (2010). Measurement of the range of neck motion: A comparative study. *IFMBE Proceedings*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-12020-6-35>
- Hoy, D. G., Protani, M., De, R., & Buchbinder, R. (2010). The epidemiology of neck pain. *Best Practice and Research: Clinical Rheumatology*. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2011.01.019>
- Inokuchi, H., Tojima, M., Mano, H., Ishikawa, Y., Ogata, N., & Haga, N. (2015). Neck range of motion measurements using a new three-dimensional motion analysis system: validity and repeatability. *European Spine Journal*, 24(12), 2807–2815. <https://doi.org/10.1007/s00586-015-3913-2>
- Kahl, C., & Cleland, J. A. (2005). Visual analogue scale, numeric pain rating scale and the McGill pain Questionnaire: an overview of psychometric properties. *Physical Therapy Reviews*. <https://doi.org/10.1179/108331905X55776>
- Keogh, J. W. L., Cox, A., Anderson, S., Liew, B., Olsen, A., Schram, B., & Furness, J. (2019). Reliability and validity of clinically accessible smartphone applications to measure joint range of motion: A systematic review. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215806>
- Keszei, A. P., Novak, M., & Streiner, D. L. (2010). Introduction to health measurement scales. *Journal of Psychosomatic Research*, Vol. 68, pp. 319–

323. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2010.01.006>
- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of Chiropractic Medicine*. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
- Kraemer, H. C., & Thieman, S. (1987). *How many subjects? Statistical power analysis in research*.
- Laird, R. A., Gilbert, J., Kent, P., & Keating, J. L. (2014). Comparing lumbo-pelvic kinematics in people with and without back pain: A systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 15(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-15-229>
- Law, E. Y. H., & Chiu, T. T. W. (2013). Measurement of Cervical Range of Motion (CROM) by electronic CROM goniometer: A test of reliability and validity. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. <https://doi.org/10.3233/BMR-2012-00358>
- Lee, H., Nicholson, L. L., & Adams, R. D. (2004). Cervical Range of Motion Associations with Subclinical Neck Pain. *Spine*. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000103944.10408.BA>
- Lobo, C. (2018). *Estudo da validade concorrente da plataforma BITalino R-IoT na avaliação das amplitudes de movimento ativas da coluna cervical em indivíduos assintomáticos*.
- Macdelilid, J. C., Walton, D. M., Avery, S., Blanchard, A., Etruw, E., Mcalpine, C., & Goldsmith, C. H. (2009). Measurement properties of the neck disability index: A systematic review. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. <https://doi.org/10.2519/jospt.2009.2930>
- Madgwick, S. (2010). An Efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays. Retrieved from [https://www.x-io.co.uk/res/doc/madgwick\\_internal\\_report.pdf](https://www.x-io.co.uk/res/doc/madgwick_internal_report.pdf)
- Mayagoitia, R. E., Nene, A. V., & Veltink, P. H. (2002). Accelerometer and rate gyroscope measurement of kinematics: An inexpensive alternative to optical motion analysis systems. *Journal of Biomechanics*.



[https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(01\)00231-7](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(01)00231-7)

- McGinley, J. L., Baker, R., Wolfe, R., & Morris, M. E. (2009). The reliability of three-dimensional kinematic gait measurements: A systematic review. *Gait and Posture*. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.09.003>
- Mieritz, R. M., Bronfort, G., Kawchuk, G., Breen, A., & Hartvigsen, J. (2012). Reliability and measurement error of 3-dimensional regional lumbar motion measures: A systematic review. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, Vol. 35, pp. 645–656. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2012.09.011>
- Páris, C., Barbosa, J., Ferreira, E., & Gomes, A. (2017). Bitalino use and applications for health, education, home automation and industry. *ICSIT 2017 - 8th International Conference on Society and Information Technologies, Proceedings*.
- PLUX Wireless Biosignals, S. (2015). *BITalino - Accelerometer (ACC) Sensor Data Sheet*.
- Pourahmadi, M. R., Bagheri, R., Taghipour, M., Takamjani, I. E., Sarrafzadeh, J., & Mohseni-Bandpei, M. A. (2017). A new iPhone application for measuring active craniocervical range of motion in patients with non-specific neck pain: A reliability and validity study. *Spine Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2017.08.229>
- Rix, G. D., & Bagust, J. (2001). Cervicocephalic kinesthetic sensibility in patients with chronic, nontraumatic cervical spine pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(7), 911–919. <https://doi.org/10.1053/apmr.2001.23300>
- Sarig-Bahat, H., Weiss, P. L., & Laufer, Y. (2009). Cervical motion assessment using virtual reality. *Spine*, 34(10), 1018–1024. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31819b3254>
- Schellingerhout, J. M., Verhagen, A. P., Heymans, M. W., Koes, B. W., De Vet, H. C., & Terwee, C. B. (2012). Measurement properties of disease-specific questionnaires in patients with neck pain: A systematic review. *Quality of Life Research*. <https://doi.org/10.1007/s11136-011-9965-9>
- Shrout, P. E., & Fleiss, J. L. (1979). Intraclass correlations: Uses in assessing

rater reliability. *Psychological Bulletin*. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.86.2.420>

- Sjölander, P., Michaelson, P., Jaric, S., & Djupsjöbacka, M. (2008). Sensorimotor disturbances in chronic neck pain-Range of motion, peak velocity, smoothness of movement, and repositioning acuity. *Manual Therapy*, 13(2), 122–131. <https://doi.org/10.1016/j.math.2006.10.002>
- Stenneberg, M. S., Rood, M., de Bie, R., Schmitt, M. A., Cattrysse, E., & Scholten-Peeters, G. G. (2017). To What Degree Does Active Cervical Range of Motion Differ Between Patients With Neck Pain, Patients With Whiplash, and Those Without Neck Pain? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2016.10.003>
- Terwee, C. B., Prinsen, C. A. C., Chiarotto, A., Westerman, M. J., Patrick, D. L., Alonso, J., ... Mokkink, L. B. (2018). COSMIN methodology for evaluating the content validity of patient-reported outcome measures: a Delphi study. *Quality of Life Research*. <https://doi.org/10.1007/s11136-018-1829-0>
- Tousignant-Laflamme, Y., Boutin, N., Dion, A. M., & Vallée, C. A. (2013). Reliability and criterion validity of two applications of the iPhone™ to measure cervical range of motion in healthy participants. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-10-69>
- Tousignant, M., De Bellefeuille, L., O'Donoghue, S., & Grahovac, S. (2000). Criterion validity of the Cervical Range of Motion (CROM) goniometer for cervical flexion and extension. *Spine*, 25(3), 324–330. <https://doi.org/10.1097/00007632-200002010-00011>
- Tousignant, M., Duclos, E., Laflèche, S., Mayer, A., Tousignant-Laflamme, Y., Brosseau, L., & O'Sullivan, J. P. (2002). Validity study for the cervical range of motion device used for lateral flexion in patients with neck pain. *Spine*, 27(8), 812–817. <https://doi.org/10.1097/00007632-200204150-00007>
- Vernon, H. (2008). The Neck Disability Index: State-of-the-Art, 1991-2008. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, Vol. 31, pp. 491–502.

<https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2008.08.006>

Vos, T., Abajobir, A. A., Abbafati, C., Abbas, K. M., Abate, K. H., Abd-Allah, F., ... Murray, C. J. L. (2017). Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990-2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet*. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32154-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32154-2)

Williams, M. A., McCarthy, C. J., Chorti, A., Cooke, M. W., & Gates, S. (2010). A Systematic Review of Reliability and Validity Studies of Methods for Measuring Active and Passive Cervical Range of Motion. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 33(2), 138–155. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2009.12.009>

Youdas, J. W., Carey, J. R., & Garrett, T. R. (1991). Reliability of measurements of cervical spine range of motion--comparison of three methods. *Physical Therapy*, 71(2), 98–104; discussion 105-106. <https://doi.org/NOT FOUND>

Youdas, J. W., Garrett, T. R., Suman, V. J., Bogard, C. L., Hallman, H. O., & Carey, J. R. (1992). Normal range of motion of the cervical spine: An initial goniometric study. *Physical Therapy*, 72(11), 770–780. <https://doi.org/10.1093/ptj/72.11.770>

## **8. APÊNDICE 1 – Carta Explicativa do Estudo**

### **Ficha Informativa para Participantes**

#### **Validade, fiabilidade teste-reteste, erro padrão de medida e diferença mínima detetável da avaliação de amplitudes de movimento da cervical através do sistema BITalino**

Gostaríamos de convidá-lo(a) a participar neste estudo. Antes de tomar qualquer decisão, é importante que compreenda as razões pelas quais este estudo está a ser conduzido e o nível de envolvimento que lhe é pedido. Por favor, utilize o tempo que necessitar para ler a informação que se segue. Poderá falar com outras pessoas sobre este estudo, se o desejar.

Este documento inclui duas partes: a parte 1 apresenta-lhe informação sobre o propósito deste estudo e o nível de envolvimento que lhe será pedido; a parte 2 oferece-lhe informação mais detalhada sobre a forma como o estudo será conduzido.

Se algum aspeto não for claro ou se desejar mais informação por favor não hesite em colocar-nos as suas questões. Utilize o tempo que necessitar para decidir se deseja ou não participar neste estudo.

#### **Parte 1 | O propósito do estudo e o nível de envolvimento que lhe é pedido**

##### **Qual é a finalidade deste estudo?**

A finalidade deste estudo é avaliar as propriedades psicométricas do sistema BITalino na avaliação da amplitude articular da coluna cervical, por comparação a um sistema de referência. O sistema BITalino consiste numa plataforma portátil que se coloca na testa e que, ao ligar-se a um software, consegue fornecer informações acerca dos movimentos da coluna cervical que a pessoa realiza. O instrumento com o qual será comparado consiste num conjunto de 12 câmaras colocadas em círculo, de igual modo, conseguem fornecer informação acerca das amplitudes de movimento da coluna cervical. Desta forma, pretende-se avaliar se o BITalino é válido e fiável na medição das amplitudes articulares quando comparado com outro instrumento, que avalia os mesmos parâmetros.

Isto é importante para que este sistema possa ser utilizado pelos fisioterapeutas não só na medição das amplitudes articulares, como para ajudar a medir os resultados da intervenção realizada, garantindo que as diferenças existentes são fiáveis e fidedignas.

### **Por que fui convidado(a)?**

Foi convidado(a) para participar neste estudo porque tem idade superior a 18 anos e inferior a 65 anos, e por não referir atualmente ou na sua história clínica anterior qualquer sintoma na coluna cervical. Nesse sentido cumpre as condições necessárias para participar no estudo.

### **Tenho mesmo que participar?**

A decisão de participar é sua. O estudo e os respetivos procedimentos serão descritos ao longo desta ficha informativa. Terá o tempo que necessitar para a ler e colocar questões. É livre de não participar ou desistir do estudo a qualquer momento, sem que tenha que dar justificação. A sua decisão não afetará o seu futuro nem terá consequências para si.

### **O que acontece, se aceitar participar?**

Se decidir participar, em primeiro lugar, ser-lhe-á solicitado o seu consentimento informado.

Após a assinatura da declaração de consentimento informado, será agendada a primeira sessão de avaliação que decorrerá no Sense&Motion Lab na Escola Superior de Saúde, do Instituto Politécnico de Setúbal, em data e hora da sua conveniência. No início da primeira sessão, será verificado se cumpre todos os requisitos para participar neste estudo. Caso o mesmo se verifique, ser-lhe-á pedido para responder a um Questionário de caracterização sociodemográfica, à Escala Numérica da Dor que avalia a intensidade da dor e, à *Neck Disability Index* - versão Portuguesa que avalia a incapacidade funcional associada à dor cervical. Ser-lhe-á também medida a massa (KG), altura (m) e posteriormente calculado o índice de massa corporal (kg/m<sup>2</sup>). Seguidamente, para ser possível recolher informações acerca do movimento da sua coluna cervical, ser-lhe-ão colocados um conjunto de marcadores. A colocação dos marcadores permite que as câmaras reconheçam os diferentes segmentos do corpo, ajudando a recolher informações visuais sobre a quantidade de movimento que

ocorre na sua coluna cervical. Para além disso, ser-lhe-á colocada uma pequena plataforma na testa (sistema BITalino), que também fornecerá informação acerca dos movimentos da coluna cervical. Desta forma, ser-lhe-á pedida a realização de movimentos da coluna cervical, nomeadamente o de flexão (dobrar o queixo ao peito), extensão (esticar a cabeça atrás), flexão lateral direita e esquerda (levar a orelha ao ombro direito e esquerdo) e o de rotação direita e esquerda (olhar para a direita e para a esquerda). Assim, o objetivo final será comparar os dados recolhidos pelas diversas câmaras e os dados recolhidos pelo sistema BITalino e verificar se as informações são coincidentes.

Durante o procedimento experimental, estará sentado (a) confortavelmente numa cadeira rígida, com os ombros e o tronco apoiados no encosto da cadeira, com os pés apoiados no chão e os cotovelos, antebraços e punhos relaxados e apoiados sobre os braços da cadeira. De forma a evitar que o movimento do cabelo afete a visibilidade dos marcadores, utilizará uma toca de algodão descartável que deverá fixar e cobrir o cabelo. Estes procedimentos têm uma duração estimada de 1 hora. No final dos procedimentos, será convidado a participar numa segunda avaliação (igual à primeira), cerca de uma semana depois e de acordo com a sua disponibilidade.

#### **Quais são as possíveis vantagens em participar?**

Não irá receber nenhum benefício imediato por participar neste estudo. Contudo, a informação retirada do estudo poderá permitir-nos o acesso a um novo instrumento de medida, que pode ser utilizado em utentes que necessitem de uma avaliação das amplitudes articulares da coluna cervical, sendo esta importante para a tomada de decisão clínica.

#### **Quais são as possíveis desvantagens ou riscos se aceitar participar?**

Não são esperadas quaisquer implicações negativas para os participantes neste estudo. Se decidir participar no estudo, poderá abandonar o mesmo a qualquer momento sem ter que fornecer qualquer tipo de explicação.

#### **E se houver algum problema?**

Qualquer queixa que tenha sobre este estudo, sobre a forma como foi abordado(a) ou qualquer dano associado serão considerados. Na parte 2 deste documento, poderá encontrar mais informação sobre este aspeto.

### **A minha participação neste estudo será confidencial?**

Sim. Serão adotados um conjunto de procedimentos de natureza ética de forma a assegurar que a sua participação será mantida em confidencialidade. Na parte 2 deste documento poderá encontrar mais informação sobre este aspeto.

**Se a informação disponibilizada na parte 1 lhe despertou interesse em participar, por favor leia a informação adicional apresentada na parte 2 antes de tomar qualquer decisão.**

## **Parte 2 | A forma como estudo será conduzido**

### **O que acontece se eu não aceitar participar no estudo?**

A sua participação é totalmente voluntária e é livre de desistir do estudo a qualquer momento, sem que tenha que o justificar. Se desistir do estudo, não serão utilizados quaisquer dados que lhe digam respeito. Esta decisão não terá qualquer impacto na sua vida atual ou no futuro.

### **E se houver algum problema?**

Se tiver alguma queixa sobre qualquer aspeto deste estudo, deverá falar com um membro da equipa de investigação. No caso de querer reportar alguma situação ou realizar alguma queixa, deve fazê-lo ao responsável pelo curso de Mestrado, Professor Eduardo Cruz, através dos seguintes contactos:

**Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Setúbal (ESS-IPS)**

Telefone: 265709391

E-mail: eduardo.cruz@ess.ips.pt

(Eduardo Cruz - Responsável pelo Curso de Mestrado em Fisioterapia da ESS-IPS)

### **A minha participação neste estudo será confidencial?**

Sim. Serão adotados um conjunto de procedimentos de natureza ética de forma a assegurar que a sua participação será mantida em confidencialidade. Os seus dados sociodemográficos, clínicos e as suas respostas aos questionários serão codificados e introduzidos por nós, Raquel Trindade e Carolina Lobo, numa base de dados sem qualquer referência ao seu nome ou outros dados identificativos. Toda a documentação (questionário preenchido e resultados das avaliações) será armazenada em local seguro na Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Setúbal e apenas acessível aos investigadores. Toda esta documentação será destruída após 5 anos do término do estudo.

### **O que irá acontecer às informações que eu der sobre mim?**

Serão recolhidos dados relativos às suas características sociodemográficas. Estes dados serão agregados e nunca serão apresentados de forma individual. Pretendem apenas caracterizar os participantes neste estudo, no seu conjunto. Todos os dados recolhidos serão codificados aquando da sua introdução na base de dados, garantindo desta forma o anonimato no seu armazenamento.

### **O que irá acontecer com os resultados deste estudo?**

Os resultados do estudo serão apresentados no âmbito da apresentação do Trabalho de Projeto do Mestrado em Fisioterapia - Ramo das Condições Músculo-Esqueléticas, nunca sendo os participantes identificados de forma individual. Eventualmente os resultados poderão ser publicados em conferências/revistas da especialidade, mas nunca de forma individual. Uma vez apresentados os resultados, os dados originais serão destruídos.

### **Contactos:**



**Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Setúbal (ESS-IPS)**

Telefone: 265709391

E-mail: [eduardo.cruz@ess.ips.pt](mailto:eduardo.cruz@ess.ips.pt)

(Eduardo Cruz - Responsável pelo Curso de Mestrado em Fisioterapia da ESS-IPS)

**Muito obrigado por ler este documento**

Raquel Trindade e Carolina Lobo

## **9. APÊNDICE 2 – Consentimento Informado**

**Validade, fiabilidade teste-reteste, erro padrão de medida e diferença mínima detetável da avaliação de amplitudes de movimento da cervical através do sistema BITalino**

Escola Superior de Saúde, Departamento de Fisioterapia

### **Formulário de Consentimento Informado**

Este estudo está enquadrado na Unidade Curricular de Trabalho de Projeto do 2º ano do Curso de Mestrado em Fisioterapia – Ramo de Condições Músculo-Esqueléticas, lecionado em parceria pela Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Setúbal em parceria com a Nova Medical School/Faculdade de Ciências Médicas e Escola Nacional de Saúde Pública da Universidade Nova de Lisboa, e é realizado pelas estudantes Raquel Trindade e Carolina Lobo, sob orientação científica da Professora Rita Fernandes e co-orientação do Professor Luís Gomes.

Declaro que li e compreendi a informação facultada na ficha informativa e que pude esclarecer todas as dúvidas com os investigadores.

Sei que a minha participação no estudo é completamente voluntária, sem qualquer risco para mim. O seu objetivo é avaliar as propriedades psicométricas do sistema BITalino na avaliação da amplitude articular da coluna cervical, por comparação a um sistema de referência. Isto é importante para que este sistema possa ser utilizado pelos fisioterapeutas não só na medição das amplitudes articulares, mas também no auxílio da medição de resultados da intervenção realizada.

Sei que fui selecionado(a) por ter entre 18 e 65 anos, nunca ter experienciado dor cervical em algum momento, com a necessidade de recurso ao médico e/ou outro profissional de saúde e saber ler e escrever Português Europeu; e por nunca ter tido nenhum trauma ou intervenção cirúrgica prévia à coluna cervical, qualquer outra condição clínica que possa afetar a mobilidade da cervical, como radiculopatia cervical, espondilite anquilosante ou artrite reumatoide nem qualquer doença maligna ou sistémica.

Foram-me explicados todos os princípios e procedimentos e estou consciente que, serei convidado a participar em 2 momentos de avaliação que terão lugar no Sense&Motion Lab na Escola Superior de Saúde, do Instituto Politécnico de Setúbal. Ser-me-á pedido para responder a um Questionário de caracterização sociodemográfica, à Escala Numérica da Dor que avalia a intensidade da dor e, à *Neck Disability Index* - versão Portuguesa que avalia a incapacidade funcional associada à dor cervical. Ser-me-á também medida a massa (KG), altura (m) e posteriormente calculado o índice

de massa corporal (kg/m<sup>2</sup>). Por fim, ser-me-á pedida a realização de movimentos da coluna cervical, nomeadamente o de flexão (dobrar o queixo ao peito), extensão (esticar a cabeça atrás), flexão lateral direita e esquerda (levar a orelha ao ombro esquerdo e direito), e o de rotação direita e esquerda (olhar para a esquerda e para a direita), enquanto estão a ser recolhidos dados cinemáticos através de um conjunto de câmaras dispostas em círculo, que usa marcadores refletivos colocados em diferentes zonas do corpo, e de um sistema BITalino colocado na testa. Durante o procedimento experimental, estarei sentado (a) confortavelmente numa cadeira rígida, com os ombros e o tronco apoiados no encosto da cadeira, com os pés apoiados no chão e os cotovelos, antebraços e punhos relaxados e apoiados sobre os braços da cadeira. De forma a evitar que o movimento do cabelo afete a visibilidade dos marcadores, utilizarei uma toca de algodão descartável que deverá fixar e cobrir o cabelo. Estes procedimentos têm uma duração estimada de 1 hora.

Compreendo igualmente que tenho o direito de colocar durante o desenvolvimento deste estudo, qualquer questão. Sei que posso abandonar o estudo em qualquer momento, sem necessitar de dar nenhuma justificação. Compreendo que será usado um sistema de codificação da minha identidade, que permitirá que o estudo funcione em anonimato, ou seja, a equipa que analisa os dados não tem acesso à minha identificação e a mesma só será usada pelo investigador em caso de dúvida. Estou igualmente consciente que as minhas respostas serão apresentadas no âmbito da apresentação do Trabalho de Projeto do Mestrado em Fisioterapia - Ramo das Condições Músculo-Esqueléticas, mas nunca de forma individual.

Assim, declaro que aceito participar nesta investigação, com a salvaguarda da confidencialidade e anonimato e sem prejuízo pessoal de cariz ético ou moral.

Nome \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

Assinatura do Investigador \_\_\_\_\_

**Contactos:**

**Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Setúbal (ESS-IPS)**

Telefone: 265709391; E-mail: [eduardo.cruz@ess.ips.pt](mailto:eduardo.cruz@ess.ips.pt)

(Eduardo Cruz - Responsável pelo Curso de Mestrado em Fisioterapia da ESS-IPS)

Agradecemos a sua colaboração e atenção,

Investigadoras,  
Raquel Trindade e Carolina Lobo

## 10. APÊNDICE 3 – Questionário de Caracterização Sociodemográfica

Número Atribuído ao Participante: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

### DADOS SÓCIODEMOGRÁFICOS

1. Qual a sua idade? \_\_\_\_ anos
2. Qual o seu sexo?  
☐ Masculino  
☐ Feminino
3. Quais as suas habilitações literárias?  
☐ Ensino primário ou inferior  
☐ Ensino Básico (9º ano de escolaridade)  
☐ Ensino Secundário (12º ano de escolaridade)  
☐ Ensino Superior
4. Atividade profissional: \_\_\_\_\_
5. Situação profissional:  
☐ A trabalhar a tempo inteiro  
☐ A trabalhar a tempo parcial  
☐ Desempregado (a)  
☐ Reformado (a)  
☐ Doméstica
6. Estado civil:  
☐ Casado (a)  
☐ Solteiro (a)  
☐ Divorciado (a)  
☐ União de facto  
☐ Viúvo (a)  
☐ Divorciado (a)
7. Apresenta dor cervical? Registe na seguinte escala a sua intensidade:

Sem Dor 

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

 Dor Máxima

8. Peso:
9. Altura:

Agradecemos a sua colaboração e atenção.

## 11. ANEXO 1 – Parecer da Comissão Especializada de Ética em Investigação



### COMISSÃO ESPECIALIZADA DE ÉTICA EM INVESTIGAÇÃO

Parecer nº27/CC/2018

#### SOLICITAÇÃO

Pedido de parecer à Comissão Especializada de Ética para Investigação da ESS-IPS relativo ao estudo “Validade, fiabilidade teste-reteste, erro padrão de medida e diferença mínimo detetável da avaliação de amplitudes de movimento da cervical através do sistema BITalino”. O estudo é proposto pela estudante Raquel Trindade no âmbito do 2º ano do Curso de Mestrado em Fisioterapia – Ramo de Condições Músculo-esqueléticas, leccionado em parceria pela Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Setúbal (ESS-IPS), a NOVA Medical School/Faculdade de Ciências Médicas e Escola Nacional de Saúde Pública da Universidade Nova de Lisboa. O estudo é orientado pela Professora Doutora Rita Fernandes e co-orientado pelo professor Luís Gomes.

#### DOCUMENTAL

1. Requerimento do parecer
2. Dossier de submissão: sinopse do estudo, caderno de instrumentos de recolha de dados, ficha informativa acerca do estudo e formulário de consentimento informado.

#### ANÁLISE E PARECER

1. O estudo tem como objectivo validar a plataforma BITalino tendo por referência um sistema optoelectrónico e estudar a respectiva fiabilidade, erro padrão de medida e diferença mínima detetável, numa amostra de indivíduos adultos saudáveis. Será realizado um estudo metodológico de validade e fiabilidade teste-reteste (intra e inter-observador).
2. Os participantes (indivíduos saudáveis que frequentam a ESS-IPS, nomeadamente estudantes, professores e/ou restantes funcionários) serão recrutados por conveniência de acordo com um conjunto de critérios de inclusão e exclusão que se encontram explicitados. Serão incluídos indivíduos com idade entre 18 e 65 anos, que nunca tenham experienciado dor cervical em

algum momento com a necessidade de recurso ao médico e/ou outro profissional de saúde e que saibam ler e escrever português europeu. Serão excluídos indivíduos com história de trauma ou intervenção cirúrgica prévia à coluna cervical, que apresentem qualquer outra condição clínica que possa afectar a mobilidade da cervical, tais como radiculopatia cervical, espondilite anquilosante ou artrite reumatóide e que apresentem situações de malignidade ou doenças sistémicas. No que diz respeito aos procedimentos para recrutamento, será realizado um poster contendo uma breve apresentação do estudo que será divulgado via moodle, bem como no edifício da ESSIPS. O poster não se encontra anexado ao documento submetido, **pelo que é solicitada a sua apresentação prévia à CEEI-ESS/IPS**. Os interessados em participar no estudo poderão demonstrar o seu interesse, através de e-mail, para um endereço criado para este trabalho de investigação ([projinvestigacaoips2017@gmail.com](mailto:projinvestigacaoips2017@gmail.com)). Após a recepção do e-mail, os investigadores principais agendarão uma sessão presencial no Laboratório de Análise de Movimento Humano da ESS-IPS. Nesta sessão, será entregue uma ficha informativa acerca do estudo bem como um formulário de consentimento informado. Seguidamente serão verificados os critérios de inclusão e exclusão.

3. Quanto à recolha de dados - os participantes serão submetidos a uma avaliação inicial (ainda durante a sessão presencial anteriormente referida) através dos seguintes instrumentos: questionário de caracterização sociodemográfica, avaliação da massa (kg) e altura (m) para cálculo do índice de massa corporal ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ ), Escala Numérica de Dor e Neck Disability Index – versão portuguesa. O *set-up* experimental encontra-se explicitado – serão aplicados *set-ups* de marcadores relativos ao sistema optoelectrónico e ao sistema BITalino, encontrando-se definida a sequência de recolha de dados associadas à realização de movimento da coluna cervical. Adicionalmente, será utilizado um sistema de captura de movimento Optitrack (Flex 3,

NaturalPoint, Inc.) com o objectivo de medir as variáveis cinemáticas dos segmentos em análise. Os mesmos *set-ups* são aplicados em duplicado (por investigadores diferentes), o que é justificado tendo em conta que um dos objectivos do estudo se prende com o cálculo da fiabilidade interobservador. Adicionalmente, é referido que “os sujeitos seleccionados para o reteste terão dois momentos de avaliação, separados por aproximadamente 7 dias”, no entanto, não é referido o critério para esta selecção – **recomenda-se a clarificação deste aspecto**.

4. Quanto à documentação a facultar aos participantes - são propostas uma ficha informativa do estudo e um formulário de consentimento informado. **Em ambos os documentos, recomenda-se**

**que, sempre que possível, a nomenclatura técnica seja substituída por termos compreensíveis pelos potenciais participantes que não tenham conhecimento na área.**

- a. No que diz respeito à ficha informativa – a resposta à questão “O que acontece, se aceitar participar?” não é considerada adequada pelo potencial efeito de coacção. **A título de exemplo, sugere-se a substituição de “... tem de assinar a declaração de consentimento informado” por “será solicitado o seu consentimento informado”.** Ainda na resposta a esta questão, existem alguns elementos que não estão de acordo com os procedimentos apresentados na sinopse – **recomenda-se uniformização deste aspecto.** É também referido que “uma semana depois será agendada uma segunda sessão...” – **de acordo com a sinopse do estudo os participantes “serão selecionados” para o reteste, pelo que se recomenda a clarificação deste aspecto também na carta explicativa.**
  - b. No que diz respeito ao formulário de consentimento informado – embora o tempo estimado para a participação no estudo e a ausência de riscos sejam referidos na ficha informativa, considera-se relevante que esta informação se encontre sistematizada também no formulário de consentimento informado – **recomenda-se a introdução desta informação.** É referida a possibilidade de desistência do estudo “sem que isso afecte o meu tratamento futuro”, no entanto, **dada a natureza do estudo, questionase a adequabilidade/pertinência desta informação.**
5. Em conclusão, com a clarificação da informação recomendada, consideramos que o estudo preenche os requisitos éticos, com preocupações relativas à proteção dos direitos dos participantes do estudo. Contudo, o parecer favorável desta comissão só poderá ser emitido após validação da estratégia de comunicação utilizada no recrutamento dos potenciais participantes.

2 março 2018

P<sup>o</sup>la CEEI-ESS



## 12. ANEXO2 – Escala Numérica da Dor

Sem Dor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dor Máxima
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	------------



## 13. ANEXO 3 – Neck Disability Index

### QUESTIONÁRIO SOBRE OS PROBLEMAS QUOTIDIANOS RELACIONADOS COM DORES NO PESCOÇO (Versão Portuguesa do NDI)

Este questionário foi concebido para dar informações de como a sua **dor no pescoço** afecta a sua capacidade de agir no dia-a-dia. Por favor, responda a cada secção deste questionário assinalando apenas **UM** dos quadrados que melhor se aplique ao seu caso. Sabemos que pode considerar como aplicáveis a si duas afirmações em cada secção mas, por favor, assinale apenas o **quadrado que descreve melhor** o seu problema.

#### **Secção 1 – Intensidade da dor**

- ☐ Neste momento não sinto nenhuma dor.
- ☐ Neste momento a dor é muito fraca.
- ☐ Neste momento a dor é moderada.
- ☐ Neste momento a dor é bastante forte.
- ☐ Neste momento a dor é muito forte.
- ☐ Neste momento a dor é mais forte do que se possa imaginar.

#### **Secção 2 – Cuidados pessoais (lavar-se, vestir-se etc.)**

- ☐ Posso tratar de mim normalmente sem causar mais dores.
- ☐ Posso tratar de mim normalmente, mas isso causa-me mais dores.
- ☐ É doloroso tratar de mim próprio e sou lento(a) e cuidadoso(a).
- ☐ Consigo realizar a maior parte dos meus cuidados pessoais, mas preciso de algum auxílio.
- ☐ Na maior parte dos meus cuidados pessoais, preciso todos os dias auxílio.
- ☐ Não consigo vestir-me, lavo-me com dificuldade e permaneço deitado(a) na cama.

#### **Secção 3 – Levantar coisas**

- ☐ Consigo levantar coisas pesadas sem causar mais dores.
- ☐ Consigo levantar coisas pesadas mas causa-me mais dores.
- ☐ A dor impede-me de levantar coisas pesadas do chão, mas posso levá-las se estiverem convenientemente colocadas, como por exemplo em cima de uma mesa.
- ☐ A dor impede-me de levantar coisas pesadas, mas consigo fazê-lo se forem coisas leves ou de peso médio, convenientemente colocadas.
- ☐ Posso levantar apenas coisas muito leves.
- ☐ Não consigo levantar ou transportar seja o que for.

#### **Secção 4 – Leitura**

- ☐ Posso ler o tempo que quiser sem causar dores no pescoço.
- ☐ Posso ler o tempo que quiser mas com uma ligeira dor no pescoço.
- ☐ Posso ler o tempo que quiser mas com dores moderadas no pescoço.
- ☐ Não posso ler o tempo que quiser por causa das dores relativamente fortes no pescoço.
- ☐ Quase que não posso ler por causa das dores muito fortes no pescoço.
- ☐ Não posso ler nada por causa das dores no pescoço.

#### **Secção 5 – Dores de cabeça**

- ☐ Não tenho qualquer dor de cabeça.
- ☐ Tenho ligeiras dores de cabeça que aparecem de vez em quando.
- ☐ Tenho dores de cabeça moderadas que aparecem de vez em quando.
- ☐ Tenho dores de cabeça moderadas que aparecem frequentemente.
- ☐ Tenho fortes dores de cabeça que aparecem frequentemente.
- ☐ Tenho dores de cabeça quase permanentemente.

#### **Secção 6 – Concentração**

- ☐ Consigo concentrar-me sem dificuldade.
- ☐ Consigo concentrar-me, mas com ligeira dificuldade.
- ☐ Sinto alguma dificuldade em concentrar-me.
- ☐ Sinto muita dificuldade em concentrar-me.
- ☐ Sinto imensa dificuldade em concentrar-me.
- ☐ Não sou capaz de me concentrar de todo.

#### **Secção 7 – Trabalho / Actividades diárias**

- ☐ Posso trabalhar tanto quanto eu quiser.
- ☐ Só consigo fazer o meu trabalho habitual, mas não mais.
- ☐ Consigo fazer a maior parte do meu trabalho habitual, mas não mais.
- ☐ Não consigo fazer o meu trabalho habitual.
- ☐ Difícilmente faço qualquer trabalho.
- ☐ Não consigo fazer nenhum trabalho.

#### **Secção 8 – Guiar um carro**

- ☐ Posso guiar um carro sem causar qualquer dor no pescoço.
- ☐ Posso guiar um carro durante o tempo que quiser, mas com uma ligeira dor no pescoço.
- ☐ Posso guiar um carro durante o tempo que quiser, mas com dores moderadas no pescoço.
- ☐ Não posso guiar um carro durante o tempo que quiser devido a dores relativamente fortes no pescoço.
- ☐ Mal posso guiar um carro devido às dores muito fortes no pescoço.
- ☐ Não posso guiar um carro por causa das dores no pescoço.

#### **Secção 9 – Dormir**

- ☐ Não tenho dificuldade em dormir.
- ☐ O meu sono é ligeiramente perturbado (fico sem dormir no máximo 1 hora)
- ☐ O meu sono é um bocado perturbado (fico sem dormir entre 1 a 2 horas)
- ☐ O meu sono é moderadamente perturbado (fico sem dormir entre 2 a 3 horas)
- ☐ O meu sono é muito perturbado (fico sem dormir entre 3 a 5 horas)
- ☐ O meu sono é completamente perturbado (fico sem dormir entre 5 a 7 horas)

#### **Secção 10 – Actividades de lazer**

- ☐ Sou capaz de fazer qualquer das minhas actividades de lazer, sem sentir quaisquer dores no pescoço.
- ☐ Sou capaz de fazer qualquer das minhas actividades de lazer, mas com algumas dores no pescoço.
- ☐ Sou capaz de fazer a maior parte das minhas actividades de lazer, mas não todas, devido às dores no pescoço.
- ☐ Sou capaz de fazer apenas algumas das minhas actividades de lazer habituais devido às dores no pescoço.
- ☐ Difícilmente sou capaz de fazer quaisquer actividades de lazer devido às dores no pescoço.
- ☐ Não sou capaz de fazer nenhuma das minhas actividades de lazer.

Score: \_\_\_\_\_ [50]

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_